

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

UNAN-Managua

Facultad de Ciencias e Ingenierías



**TESIS PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL**

“ESTUDIO HIDROLOGICO PARA LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA LOS
MANGOS EN EL RIO CHIQUITO PUNTO DE CONTROL “FINCA LOS MANGOS,
MUNICIPIO DEL LEÓN”.

Autor:

✿ Oswaldo Agenor Roa Flores.

Tutor:

Ing. WILBER JAVIER PEREZ FLORES

Carrera:

Ingeniería Civil

Managua, 01/10/2008

Agradecimiento

A Dios en primer lugar:

Par darme la vida y permitirme llegar a culminar mi carrera. Dios te agradezco infinitamente por darme fuerza de voluntad y motivación para seguir a delante en los momentos más difíciles, también te agradezco por todas las cosas maravillosas que me has dado en la vida.

Al Ing. Adrián Ordoña:

Por dedicarme parte de su valioso tiempo, le agradezco todo el apoyo que me brindo a lo largo de la realización de este trabajo, sin usted y todo el conocimiento que me transmitió no lo hubiera podido concluir.

Al Ing. Wilber López:

Gracias por su apoyo en la elaboración de este trabajo.

Al Ing. Carlos Collado:

Gracias por su valioso apoyo y confianza en el proceso investigativo de mi monografía.

A mis padres y familiares:

Por creer en mi, apoyarme en todo momento, comprenderme, motivarme, impulsarme siempre a seguir estudiando y ser la mayor fuente de inspiración y sembrar en mi el deseo de superación.

Dedicatoria

A Dios: por darme vida, sabiduría, paciencia, por darme las fuerzas para salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis padres: por estar siempre a mi lado incondicionalmente, por darme el sustento espiritual y material, por sus consejos y todo lo que han sacrificado por hacer de mí una persona de bien.

A todos mis familiares por estar pendientes de mí en todo momento y apoyarme en mis decisiones.

A mis Hermanas por apoyarme en los momentos difíciles de mi vida y comprenderme en los que lo he necesitado.

A mis profesores por el gran empeño y esfuerzo en dedicarme el tiempo que les fue posible, para formarme como profesional.

A mis amigos y a todas las personas que me estiman y siempre han estado pendientes de mí y me han ayudado a salir adelante.

Oswaldo Agenor Roa Flores

Índice

1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
2.1. Historia de la hidrología	3
2.2 Hidrología de Nicaragua	4
2.3 Desarrollo de la hidrología en Nicaragua	6
3. Justificación	7
4. Planteamiento del problema	8
5. Objetivos	9
6. Marco teórico	10
6.1 Definición y conceptos de hidrología	10
6.2 Aplicación de la hidrología	12
6.3 Ciclo hidrológico	13
6.4 Cuenca hidrológica	14
6.4.1 Definición	14
6.4.2 Características de una cuenca	15
6.5 Métodos de cálculo del caudal pico de una cuenca	21
6.5.1 Método Racional	21
6.5.2 Transito de avenidas	26
6.5.2.1 Método transito de avenida (Muskingun)	27
6.5.2.2 Parámetros de transito	28
6.5.2.2 Secuencia de aplicación del método	31
6.6 Método de cálculo de caudales medios y CDC	33

6.6.1 Método racional	34
6.6.2 Método de correlación de estaciones	34
6.6.3 Balance hídrico	36
6.6.3.1 Precipitación	38
6.6.3.2 Extensión de registros pluviométricos	40
6.6.3.3 Análisis de consistencia	42
6.6.3.4 Evapotranspiración	48
6.6.3.5 Escurrimiento	51
6.6.3.6 Aplicación de Balance hídrico	52
6.6.4 Curva de duración de caudales	56
7. Diseño metodológico	59
7.1 Caracterización de la cuenca	59
7.2 Metodología de cálculo del caudal máximo	61
7.2.1 Método racional	61
7.2.2 Transito de avenida	64
7.3 Metodología de cálculo del caudal medio	78
7.3.1 Correlación de estaciones	78
7.3.2 Método racional	89
7.3.3 Metodología de Balance hídrico	90
7.3.3.1 Parámetros de Balance	90
7.3.3.2 Balance hídrico	94
7.3.4 Análisis de influencia del sistema de drenaje de aguas residuales de la ciudad de León en el caudal medio	98

7.4 Curva de duración de caudales	99
8. Análisis y discusión de resultados	104
9. Conclusiones	106
10. Recomendaciones	111
11. Bibliografía	112
12. Anexos	114

Índice de figuras

1. Ciclo hidrológico	13
2. Modelo de sistema hidrológico simple	14
3. Sección transversal de una cuenca hidrológica	16
4. Clasificación de corrientes	18
5. Sinuosidad de corrientes	19
6. Desarrollo de Hidrograma a través de un cause	27
7. Esquema de procesos del ciclo hidrológico	37
8. Análisis de doble masa estación vs. promedio	43
9. Análisis de doble masa estación vs. estación base	43
10. Capacidad de almacenamiento de agua del suelo	53
11. Curva de duración de caudales	57
12. Ubicación del punto de control hidrológico	59

Índice de gráficos

1. Curva IDF León	63
2. Hidrograma de la cuenca (método racional)	65
3. Hidrograma de la subcuenca SC1	65
4. Hidrograma de la subcuenca SC2	66
5. Hidrograma de la subcuenca SC3	66
6. Hidrograma de la subcuenca SC4	67
7. Hidrograma de la subcuenca SC5	67
8. Hidrograma de la subcuenca SC6	68
9. Hidrograma de la subcuenca SC7	68
10. Hidrograma de la subcuenca SC8	69
11. Hidrograma de la subcuenca SC9	69
12. Hidrograma de la subcuenca SC10	70
13. Transito de caudal de SC5 en $t = 40.37\text{min}$	79
14. Transito de caudal de SC5 en $t = 80.74\text{min}$	80
15. Hidrograma transitado de P5 a P6	75
16. Hidrograma suma en el punto P6	77
17. Hidrograma de la cuenca (Transito de avenidas)	
18. Diagrama de doble masa estaciones del Río Chiquito versus promedio	81
19. Diagrama de doble masa estación León versus estación base (León aeropuerto)	82
20. Curva de duración de caudales Río Atoya	99

21. Correlación caudales de Río Atoya vs. Caudales del Río Chiquito	100
22. Curva de duración de caudales Río Chiquito	102

Índice de Tablas

1. Coeficiente de esorrentía	23
2. Periodos de retorno	25
3. Cálculo del coeficiente de esorrentía	54
4. Parámetros físicos de las subcuencas	64
5. Cálculo de caudales de las subcuencas	65
6. Cálculo de parámetros del transito	72
7. Cálculo del transito del punto P5 al Punto P6	75
8. Cálculo del Hidrograma suma en el punto P6	76
9. Estaciones pluviométricas de las cuencas de estudio	78
10. Correlación entre las estaciones León y León aeropuerto	79
11. Cálculos de la media y la variación estándar de los periodos dudosas de la serie de datos pluviométricos de la estación León	83
12. Áreas de influencia de las estaciones pluviométricas de las cuencas de estudio	87
13. Precipitación media de las estaciones en estudio	87
14. Precipitación media de las cuencas de estudio	88

15. Caudales medios de las cuencas (método de correlación de estaciones)	90
16. Humedad relativa y temperatura de la cuenca	90
17. Radiación extraterrestre diaria	90
18. Evapotranspiración Potencia	91
19. Áreas de las series de suelo de en la cuenca de estudio	92
20. Coeficiente b	94
21. Cálculo de la humedad media	95
22. Evapotranspiración Real	96
23. Excedente de humedad	96
24. Escurrimiento	97
25. Caudales medios (Balance hídrico)	98
26. Caudales de salida de las plantas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de León	98
27. Caudales medios (Resultado final)	98
28. Calculo de la curva de duración de caudales	102
29. Caudales base y de diseño según CDC	103

1. Introducción

En este documento presento la propuesta de monografía (que es requisito de graduación de la carrera de ingeniero civil) que consiste en la realización de un estudio hidrológico para la construcción de una pequeña presa hidroeléctrica con fines de contribuir a la generación de energía eléctrica para un sector poblacional de la ciudad de León: presentamos aquí: el tema y su importancia, la problemática y sus antecedentes, la justificación del proyecto, así como los objetivos y el marco teórico, la metodología empleada en el estudio, los resultados y sus análisis, las conclusiones y las recomendaciones.

La energía hidráulica es una de las fuentes de energía más antiguas de la humanidad, en la actualidad, el desarrollo de propuestas de construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas ha tomado auge, debido a las recurrentes crisis de energía que se han producido en Nicaragua por la salida de una o mas plantas generadoras de energía eléctrica de la red nacional de distribución debido al mantenimiento o reparación de las mismas y a los impactos negativos que tienen las fuentes tradicionales (hidrocarburos) sobre el ambiente. Por todo ello las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), constituyen además una respuesta para la mejoría de la calidad de vida de los habitantes beneficiados, en este caso un sector de la población de la ciudad de León.

Sumado a lo anterior, las pequeñas centrales hidroeléctricas tienen múltiples ventajas, tales como ser fuentes de energía confiable, no consumen agua y contribuyen a la descentralización de la generación, municipal o privada, para suministro a la red nacional o a las comunidades rurales directamente.

Por otra parte, estas fuentes hidráulicas contribuyen sustancialmente a la reducción de emisiones de CO₂ y de otros gases dañinos responsables del efecto invernadero. Y el agua después de generar energía, siempre sigue su curso aguas abajo, manteniéndose como un recurso disponible para las necesidades de las personas y del ambiente.

El principal propósito de la construcción de la presa Los Mangos es la generación de energía hidroeléctrica y por medio de este estudio dar a conocer su potencial hidrológico.

El estudio hidrológico involucra pues una caracterización de cuenca y un análisis de sus procesos hidrológicos. En la recaudación de información se observa una predominante falta de datos hidrometeorológicos la cual dirigió la investigación a la aplicación de métodos indirectos que cumplieran con los fines propuestos.

2. Antecedentes

2.1 Historia de la hidrología

Fijar la fecha exacta del nacimiento de una ciencia es siempre difícil. Esto se aplica particularmente a la hidrología, cuyo origen puede encontrarse en varias esferas conexas: la geografía física, la meteorología, la geología, la hidráulica, etc.

Los inicios de la hidrología se vinculan, por una parte, a las primeras obras de ingeniería de la antigüedad que servían para abastecer de agua a las ciudades o para regar campos de cultivo y, por otra, a los intentos de eminentes eruditos por comprender el medio físico que rodea al hombre.

Entre los conceptos básicos de la hidrología, el de ciclo hidrológico puede considerarse fundamental. Por evidente que este ciclo pueda parecer hoy, tubo que transcurrir mucho tiempo para que se lograra comprender su mecanismo, y ni siquiera los intelectos más brillantes del Renacimiento pudieron evitar algunas hipótesis falsas.

Platón y Aristóteles hablaron del ciclo del agua pero incurrieron en el error de decir que las aguas que corren son mayores que las que se precipitan en forma de lluvia. En 1500, Leonardo Da Vinci habla por primera vez del ciclo hidrológico.

En 1650, Aunque existen algunas referencias en la literatura más antigua, aparentemente le correspondió a Pierre Perrault el gran mérito de demostrar con evaluaciones cuantitativas en su libro *De l'origine des fontai'nes*, publicado en 1674, que las precipitaciones y las nevadas son la causa del flujo en los ríos con lo cual marcó la pauta para el reconocimiento universal del ciclo hidrológico en su interpretación moderna. Lo anterior justificó la decisión de aceptar la obra de Pierre Perrault como principio de la hidrología científica.

Perrault efectuó medidas en el río Sena y estableció que:

$$Q = (1/6) P$$

En donde:

Q: caudal

P: precipitación

En 1700, Edmund Halley (astrónomo) estableció que la evaporación daba para alimentar el caudal de todos los ríos conocidos. Es decir, estableció una relación entre evaporación, precipitación y caudal.

Se acepta que hacia fines del siglo XVII ya existían casi todos los elementos necesarios para fundar la hidrología, pero no se reconocía a ésta como ciencia específica, y sólo se aceptó ese reconocimiento a medida que fue evolucionando en el transcurso de los tres siglos siguientes.

No fue sino hasta el siglo pasado en que la hidrología alcanzó un reconocimiento definitivo como disciplina. Su consolidación fue apoyada durante los últimos sesenta o setenta años por la publicación de una serie de manuales de hidrología, registrándose de esta manera el progreso científico con la aparición de revistas especializadas y con la creación de centros e institutos de investigación hidrológica.

2.2 Hidrología de Nicaragua

Nicaragua está dividida en dos grandes regiones hidrográficas: la vertiente del Pacífico con 12072 km², (el 9% del territorio nacional) y la vertiente Atlántica con 116882 km², que representa aproximadamente el 91% de la superficie total del país.

De los 94 ríos más importantes de Nicaragua, 23 desembocan en el Océano Atlántico, 18 en el Océano Pacífico, 45 en el lago de Nicaragua (Cocibolca) y 8 en el lago de Managua (Xolotlán), los 53 ríos que alimentan a los lagos mencionados están indirectamente ligados al Océano Atlántico por medio del río San Juan.

Los ríos de la vertiente Pacífico constituyen el drenaje superficial de 8 cuencas pequeñas que no exceden a los 20 Km. de longitud, con excepción del río Estero Real. En la mayoría se trata de ríos intermitentes con un régimen irregular y caudales de estiaje muy reducidos.

Los ríos de la vertiente Atlántica son de largo recorrido, distribuidos en 13 cuencas relativamente grandes, con un régimen caudaloso y permanente. Los cursos inferiores de la mayoría de los ríos son navegables y sufren la influencia de las mareas, cuyo efecto alcanza en muchos casos, varios kilómetros aguas arriba de la desembocadura.

Además, Nicaragua tiene dos lagos excepcionalmente grandes, comparados con la superficie del País: el lago de Managua (1 040 km², 0.85%) y el lago de Nicaragua (8200 km², 6.77%). El lago de Apanás (51 km², 0.42%) y el de Las Canoas (15 km², 0.012%), son lagos artificiales contruidos para fines hidroeléctricos y de riego. Así, el 7.6% de la superficie de Nicaragua está constituida por los 4 lagos citados.

También existen un gran número de lagunas volcánicas tales como las lagunas de Masaya, Apoyo, Xiloá, Apoyeque, Tiscapa, Nejapa, Asososca, Acahualinca, etc.

El río Tipitapa constituye la comunicación natural entre el lago de Managua (nivel anual medio 38.20 m) y el lago de Nicaragua (nivel anual medio 3121 m) cuando el nivel del lago de Managua llega a los 40.75 m, lo que ha ocurrido por dos veces desde el año 1927.

Se estima que el volumen total de agua que escurre hacia los océanos es de aproximadamente $135\,000 \times 10^6$ m³/a, que corresponde a unos 43% de la precipitación anual del país y a un caudal continuo de aproximadamente 4200 m³/s. De este volumen total, unos 4855×10^6 m³/a (3.6%) del escurrimiento total del país (equivalente a un caudal continuo de 153 m³/s), desagua en el Pacífico y $120\,422 \times 10^6$ m³ (96%) del escurrimiento total del país) alimentan al Atlántico.

El caudal unitario del país (cálculo relativo del área total de las cuencas hidrográficas, incluyendo las áreas correspondientes a Honduras (no

Coco) y Costa Rica (San Juan), es de aproximadamente 30 litros por segundo por kilómetro cuadrado de superficie.

2.3 Desarrollo de la hidrología en Nicaragua

La hidrología en Nicaragua ha ido desarrollando en conjunto con las necesidades de la población. Esta es de gran aplicación en gran cantidad de proyectos de ingeniería ya que como bien se sabe el agua es un recurso vital y por otra parte si esta no es controlada debidamente puede causar perdidas ya sea humanas o materiales.

En Nicaragua se han realizados varios estudios hidrológicos enfocados en la generación de energía. Entre estos se puede mencionar el “Plan maestro de energía 1970–2000”. Si embargo por motivos de la guerra muchos proyectos de estos no se llevaron a cabo. Afortunadamente estos proyectos están siendo retomados a través de las entidades de estado como INE e INETER, también la empresa privada esta apoyando en conjunto con las alcaldías municipales entre estos se puede mencionar el grupo de energías renovables de León.

3. Justificación

A través de este estudio se pretende determinar el comportamiento de los caudales del Río Chiquito en el punto de control hidrológico “Finca los mangos”. Para conocer los aspectos más relevantes de flujo de agua del punto, los cuales servirán como base a un estudio de prefactibilidad de una central hidroeléctrica en el punto de interés, del mismo modo definirá los parámetros de diseño para esta.

Otro aspecto de utilidad de este estudio será la confección de un diseño metodológico que permitirá obtener los resultados deseados a pesar de la limitación de la falta de información hidrometeorológica en la cuenca de estudio. Siendo esta es una realidad presente en gran parte de las sub cuencas aprovechables en este tipo de proyectos esta investigación quedará como un referente que podrá ser utilizado por otros investigadores que deseen emplear la metodología para proyectos afines.

La finalidad de este estudio es buscar solución al déficit de energía eléctrica en este departamento León ya que actualmente es uno de los más afectados en el país. Además contribuiría a aumentar la producción de energía eléctrica, disminuyendo así la importación de la misma en el mercado centroamericano.

Nicaragua es uno de los países con mayor potencial de la región de Centroamérica para producir energía eléctrica a partir de recursos naturales. En el país el combustible fósil es el principal generador de energía eléctrica ya que de 450 MW que se producen como media al año el 80% es a base de procesos térmicos que queman bunker, full oil y diesel. El costo de cada megavatio por hora de la electricidad producida a base de procesos térmicos sin incluir los costos de potencia supera los 100 dólares, cuando podría bajar entre 75 y 70 dólares si esa misma electricidad fuese producida utilizando fuentes de energía renovable como la hidroeléctrica.

4. Planteamiento del problema

Enunciado del problema: En Nicaragua la generación de energía sigue un modelo dependiente de la importación de hidrocarburos del mercado internacional y por tanto podemos afirmar por un lado que su producción es muy cara, además de las consecuencias de generación de gases contaminantes contribuyendo así al fenómeno de calentamiento global y por tanto a la destrucción de el planeta tierra, y por otro que en el país existe un potencial hidroeléctrico desaprovechado que tiene la capacidad de generar una cantidad enorme de energía en base al aprovechamiento de los ríos y de forma barata y sin comprometer la contaminación del ecosistema del planeta tierra.

Para llevar a cabo un proyecto de aprovechamiento hídrico es indispensable conocer el comportamiento del flujo de las aguas del río en el punto de control. Entre estos comportamientos se pueden mencionar el caudal máximo del río que la central podrá soportar, el caudal medio del río que determinará la producción media de energía que este generará y la curva de duración de caudales que permitirán conocer la capacidad de generación a instalar en la central.

Formulación del problema: ¿Que caudal anual promedio fluye a trabes del Río Chiquito en el punto cierre “Finca los mangos”? ¿Qué caudal máximo se puede esperar en el punto de estudio? ¿Cual es la permanencia de los caudales en el tiempo?

5. Objetivos

5.1 Objetivo General

Realizar un estudio hidrológico para la central hidroeléctrica “Los Mangos” en el Río Chiquito de León en el punto de control hidrológico “Finca los Mangos”, en el municipio de León.

5.2 Objetivos Específicos

1. Determinar los parámetros necesarios para estimar el caudal máximo probable del Río Chiquito de León en el punto de cierre “Finca los Mangos”, en el municipio de León.

2. Calcular el caudal máximo probable del Río Chiquito en el punto de estudio.

3. Determinar los parámetros necesarios para estimar el caudal medio anual del Río Chiquito en el punto de estudio.

4. Calcular el caudal anual promedio del Río Chiquito de León en el punto de estudio.

5. Realizar un análisis comparativo de los métodos empleados para el cálculo del caudal anual promedio con el fin de establecer el más adecuado y preciso de ellos.

6. Definir la curva de duración de caudales del Río Chiquito de León en el punto de estudio.

6. Marco teórico

6.1. Definiciones y conceptos de la hidrología

Existen varias definiciones de hidrología, una de las más completas es la de Aparicio (1993): Hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos.

Esta es una definición muy amplia, así que para efectos de esta investigación se delimitara en lo que se conoce como hidrología aplicada o ingeniería hidrológica. Que es la rama de la hidrología que estudia el comportamiento del agua para desarrollar el diseño y control de obras ingenieriles, entre estas están: sistemas hidráulicos, presas, puentes, sistemas de drenaje, estructuras y canales de prevención de avenidas, carreteras, aeropistas, sistemas de abastecimiento de agua, etcétera.

Sin excepción, para estos diseños se requieren de análisis hidrológicos cuantitativos para la selección del evento de diseño necesario, el cual permitirá conocer la magnitud de las fuerzas que soportará la estructura que se desea construir, brindando así los parámetros para diseñarla.

Estos parámetros obtenidos de estudios hidrológicos normalmente son estimaciones, con aproximaciones limitadas, pero sin embargo estas estimaciones no son menos aproximadas que las cargas usadas en el análisis estructural o el volumen de tráfico en carreteras, por ejemplo.

De esta manera un completo estudio hidrológico es el primera paso para diseñar. Este estudio esta dirigido a dos objetivos en específico, la capacidad de la obra y la seguridad de esta. El primero tiene que ver con las dimensiones físicas de la obra, su capacidad. Estas se obtendrán a través de los volúmenes y caudales de agua que se almacenaran, controlarán o se transmitirán. Así, con un estudio hidrológico se determina la disponibilidad del recurso hídrico, si su uso será

constante o será necesario encontrar fuentes paralelas, y por otra parte si será necesario realizar obras para retirar los excesos.

En lo que concierne a la seguridad consiste en establecer con el estudio una tormenta de diseño y su conversión a una avenida en el punto de interés. Estas serán las condiciones máximas que podrá soportar la presa, dando a conocer la capacidad máxima del su vertedero y la máxima elevación de esta. También, la estabilidad de muros y terraplenes depende de los estudios hidrológicos e hidráulicos que definen los niveles probables del agua, así como la duración y cambios en el tiempo de dichos niveles. La hidrología juega también un papel importante en la operación efectiva de estructuras hidráulicas, especialmente aquellas que se destina a la generación de energía y control de avenidas, donde se requiere con frecuencia de pronóstico de avenidas y sequías.

Como vemos la hidrología estudia un importante recurso como es el agua, permitiendo su aprovechamiento y de igual manera defendernos de los desastres naturales que esta puede generar. Pero la hidrología esta lejos de su completo desarrollo, sin embargo se han ideado métodos analíticos y estadísticos para resolverlos problemas prácticos unos con mayor grado de aceptación que otros.

Debido a que la el campo que estudia la hidrología depende de muchas variables es difícil decir que es una ciencia exacta, esto conlleva a una mayor cantidad de métodos de análisis y mayor latitud para el criterio y una aparente falta de precisión en la solución de los problemas. Comparando la hidrología con otras disciplinas vemos que para cubrir esta imprecisión se emplean factores de seguridad.

Una parte importante del trabajo del hidrólogo es la recolección y análisis de datos. La disposición de datos básicos adecuados es esencial en todas las ciencias, y la hidrología no es una excepción. De hecho, las características de los fenómenos naturales con que tiene que ver la hidrología hacen que este punto pueda ser especialmente delicado.

6.2. Aplicaciones de la hidrología

- ◆ Escogencia de fuentes de abastecimiento de agua para uso doméstico o industrial.

- ◆ Estudio y construcción de obras hidráulicas

- ◆ Drenaje

- ◆ Irrigación

- ◆ Regulación de los cursos de agua y control de inundaciones

- ◆ Control de polución

- ◆ Control de erosión

- ◆ Navegación

- ◆ Aprovechamiento hidroeléctrico

- A. Caudales máximos, mínimos y promedio de los cursos de agua para el estudio económico y el dimensionamiento de las instalaciones de aprovechamiento.

- B. Estudio de sedimentos para determinación de embalse muerto.

- C. Estudio de evaporación e infiltración.

- E. Estudio de oleaje en embalses

- ◆ Operación de sistemas hidráulicos complejos

- ◆ Recreación y preservación del medio ambiente

6.3. Ciclo hidrológico

Según Aparicio (1993) el ciclo hidrológico se considera el concepto fundamental de la hidrología. Como todo ciclo, el hidrológico no tiene ni principio ni fin, por lo tanto su descripción puede iniciar en cualquier punto, para su explicación iniciare diciendo que todas las aguas que se encuentra en la superficie de la tierra o cerca de ella se evaporan por el efecto de la radiación solar y el viento, ascendiendo de esta manera en forma de vapor de agua a la atmósfera. (Ver figura 1)

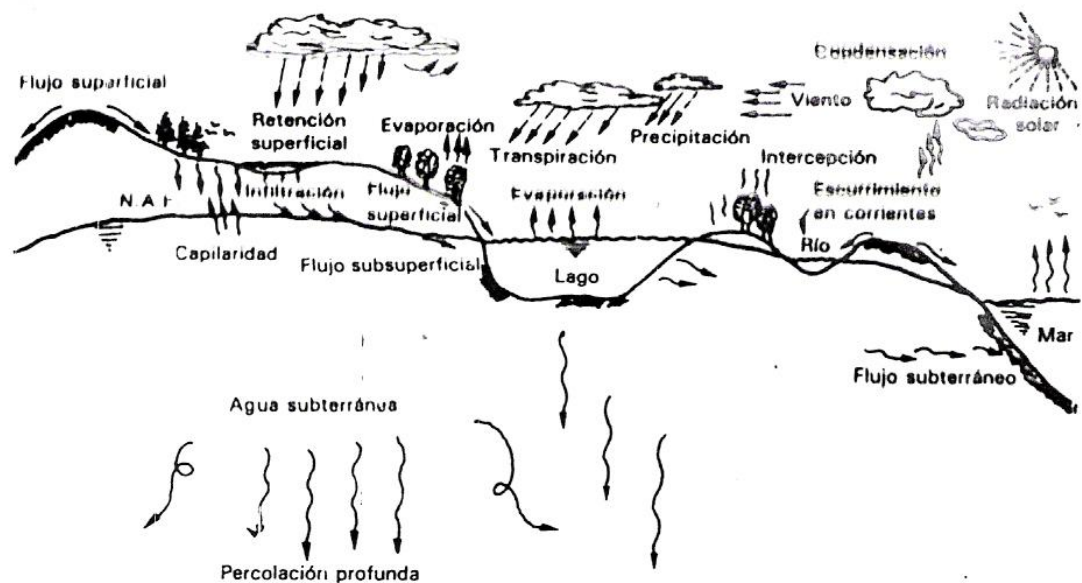


Figura 1 Ciclo Hidrológico (Tomado de Aparicio1993)

Cuando el vapor de agua en la atmósfera alcanza bajas temperaturas y se dan las condiciones necesarias, el vapor se condensa y se precipita a la tierra en forma de lluvia o nieve. Durante su trayectoria también hay evaporación. Al llegar a la superficie el agua puede seguir curso como escorrentía hacia puntos geográficamente más bajo uniéndose a la red de drenaje de grandes cuerpos de agua como lagos y el océano, en todo este transcurso habrá un porcentaje de evaporación. El agua que es absorbida por las plantas es reingresada al ciclo en su mayoría a la atmósfera a través de un proceso que se conoce como transpiración.

De igual manera el agua puede infiltrarse sub-superficialmente y aparecer en puntos más bajos o puede percolarse al subsuelo hasta una capa impermeable y acumularse en un acuífero o seguir un curso lento hasta el océano.

6.4. Cuenca hidrológica

6.4.1. Definición

Según Sáenz (1999): una cuenca hidrográfica es un área definida topográficamente, drenada por un curso de agua a un sistema conectado de cursos de agua, tal que todo el caudal efluente es descargado a través de una salida simple.

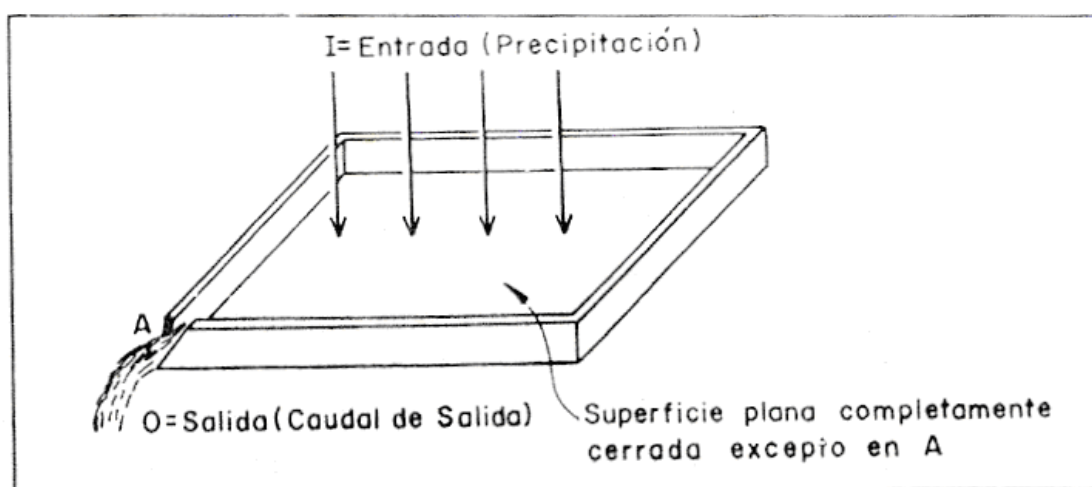


Figura 2 Modelo de sistema hidrológico simple

(Tomado de Sáenz 1999)

En la figura 2 se presenta un modelo idealizado de cuenca hidrográfica, en este se muestra una superficie en la que el agua que entra como precipitación sale a través del punto A. Pero en una cuenca real la superficie no es plana, ni impermeable, sino que existen depresiones y al caer el agua y acumularse puede ser evaporada o infiltrada en éste. De igual modo cuando el agua sigue su proceso de escorrentía también sufre evaporación en cantidades que pueden no ser despreciables.

También en el proceso de infiltración, al penetrar en el suelo, el agua, por diversos caminos, queda almacenada temporalmente en dicho medio; de ahí, por medio del proceso de percolación, continúa a estratos más profundos, formando el nivel freático, o se mueve lateralmente como escorrentía subterránea, y puede surgir superficialmente como fuente de escorrentía superficial o, según la localización de la divisoria de nivel freático, escurrir hacia otra cuenca.

6.4.2. Características de una cuenca

Estas características dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, etc.), los tipos de suelos, la capa vegetal, la geología, las prácticas agrícolas, etc. Estos elementos físicos proporcionan la más conveniente posibilidad de conocer la variación en el espacio de los elementos del régimen hidrológico.

A. Parte agua

Según Sáenz (1999) el parte agua o la divisoria de una cuenca hidrográfica es la línea que separa la superficie entre una y otra cuenca y dirige la escorrentía resultante de la lluvias al sistema de drenaje de la cuenca.

El parte aguas es la línea que delimita el área de la cuenca, en otras, palabras su perímetro. Esta se define uniendo las cotas mas elevadas entre una y otra cuenca, delimitando así que la precipitación que caiga sobre esa área será dirigida o drenada hacia un solo punto. Lo que no implica que pueda haber una cota aun más elevada que el parte aguas dentro del área de la cuenca. El parte aguas es cruzado únicamente por las corrientes en el punto de salida, pero es importante mencionar que esta también se encuentra con el cauce principal en el punto mas remoto de la cuenca.

Existen dos tipos de parte aguas: el topográfico o superficial y el freático o subterráneo, el ultimo establece hacia donde drenan las aguas subterráneas y varia según el nivel freático, pero normalmente se delimita la cuenca con el parte aguas topográfico. Esto tomando en

cuenta que las pérdidas de caudal en un punto por la diferencia de parte agua es compensada en otros por ganancia. (Ver figura 3)

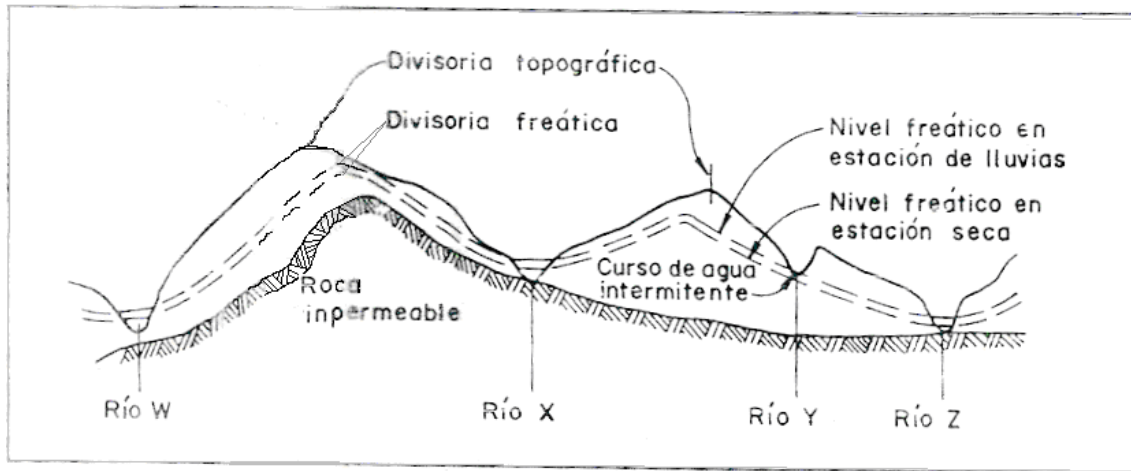


Figura 3 Corte transversal de una cuenca hidrográfica

(Tomado de Sáenz 1999)

El nivel freático es el nivel que define el agua acumulada bajo la superficie o acuíferos. Sobre la superficie del nivel freático ejerce la presión atmosférica. Lo mas importante a mencionar del nivel freático es que este define los caudales bases de los ríos.

B. Área de drenaje (A)

Es el área plana (Proyección horizontal de la superficie terrestre) que esta delimitada por el parte aguas de la cuenca.

C. Clasificación de los cursos de agua de una cuenca

Según la constancia de la escorrentía los cursos de aguas se pueden dividir en perennes, intermitentes y efímeros. Los perennes son los que permanecen con agua todo el tiempo esto gracias a que el nivel freático siempre permanece sobre el lecho del río. Los intermitentes son los que corren en la estación lluviosa y se secan en verano. Estos se ven afectados por los incrementos y decrementos del nivel freático. Y los efímeros son los que corren por causa de las lluvias, en estos casos el nivel freático nunca alcanza la superficie.

D. Forma de la cuenca

Esta característica es muy importante, ya que de esta depende el tiempo de concentración el cual se explicara mas adelante. La forma de una cuenca influye directamente sobre el comportamiento del caudal el punto de cierre ante un evento, por ejemplo, una cuenca con una forma aproximadamente circular tiene mayores posibilidades de inundación que otra con diferente forma. Según la literatura existen métodos para reflejar esta característica como son el coeficiente de compacidad y el factor de forma que se explicaran a continuación según

Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (K_c)

Según Sáenz (1999) es la relación entre el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia de un círculo de área igual a la de la cuenca.

$$A = \pi r^2 \quad r = (A/\pi)^{1/2}$$

$$K_c = P/(2\pi r)$$

$$K_c = P/(2\pi(A/\pi)^{1/2})$$

$$K_c = 0.28P/A^{1/2}$$

Donde: P= Perímetro de la cuenca en Km.

A= Área de drenaje de la cuenca, en Km².

Cuanto más irregular sea la cuenca mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca Circular posee el coeficiente mínimo, igual a uno. Hay mayor tendencia a las crecientes en la medida en que este número sea próximo a la unidad.

Factor de forma (K_f)

Es la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca. La longitud axial de la hoya se mide cuando se sigue el curso de agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante en la

cuenca. El ancho medio, B , se obtiene cuando se divide el área por la longitud axial de la cuenca.

$$K_f = B/L$$

$$B = A/L$$

$$K_f = A/L^2$$

Donde: B = Ancho medio, en Km.

L = Longitud axial de la cuenca, en Km.

A = Área de drenaje, En Km².

Una cuenca con factor de forma bajo esta menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño pero con mayor factor de forma.

E. Sistema de drenaje

Está constituido por el río principal y sus tributarios.

Orden de las corrientes de agua

Refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de la cuenca.

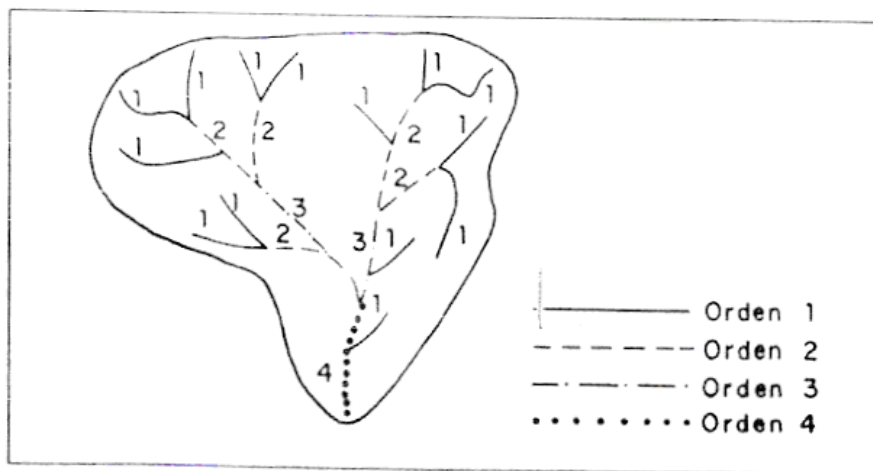


Figura 4 Clasificación de las corrientes de agua

(Tomado de Sáenz 1999)

Corrientes de primer orden: Pequeños canales que no tienen tributarios.
 Corrientes de segundo orden: Cuando dos corrientes de primer orden se unen.
 Corrientes de tercer orden: Cuando dos corrientes de segundo orden se unen.
 Corrientes de orden $n + 1$: Cuando dos corrientes de orden n se unen.

Densidad de drenaje

Según Zúniga y Flores (2005) es la longitud entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y su área total.

$$D_d = L / A, \text{ en km/km}^2$$

Donde:

L = Longitud total de las corrientes de agua, en km.

A = Área total de la hoya, en km.

D_d usualmente toma valores entre 0.5 km/km para hoya con drenaje pobre hasta 3.5 km/km² para hoya excepcionalmente bien drenadas.

Sinuosidad de las corrientes de agua

Según Sáenz (1999) es la relación entre la longitud del río principal medida a lo largo del cauce, L , y la longitud del valle del río principal medida en línea curva o recta. $s = L / L_t$ Valor dimensional

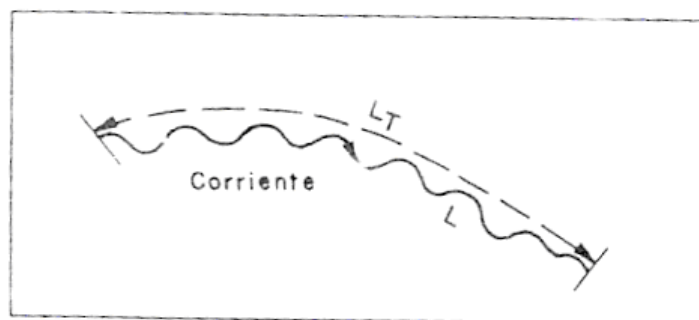


Figura 5 Sinuosidad de las corrientes de agua

(Tomado de Sáenz 1999)

Este parámetro da una medida de la velocidad de la escorrentía de lo largo de la corriente. Un valor de S menor o igual a 1.25 indica una baja sinuosidad. Se define entonces, como un río con alineamiento "recto".

Coeficiente de torrencialidad

$$CT = N / S$$

CT= Coeficiente de torrencialidad

N= Numero total de ríos

A= Área total de la cuenca

F. Pendiente de la cuenca

Esta característica controla en buena parte la velocidad con que se da, la escorrentía superficial y afecta, por lo tanto, el tiempo que lleva el agua de la lluvia para concentrarse en los lechos fluviales que constituyen la red de drenaje de las hoyas. Según Sáenz (1999) esta está dada por la siguiente ecuación:

$$P = \frac{D \times \sum L_c}{A}$$

Donde:

D = Diferencia de elevación entre cotas

Lc = Longitud de cada cota delimitada por la cuenca

A = Area de la cuenca

6.5. Métodos de cálculo del caudal pico de una cuenca

Como se dijo anteriormente uno de los objetivos de la hidrología dar seguridad para la construcción de obras, en el caso de esta investigación un pequeño sistema de presa para generar energía eléctrica. En este estudio se busca conocer la máxima avenida de agua que puede producir la cuenca en el punto de estudio para así diseñar un sistema de presa capaz de soportarlo. Evidentemente esta avenida estará relacionada con el periodo de retorno de tormenta que se elija para el proyecto.

6.5.1. Método racional

Según Silva (1994) es un método empírico. Es la Fórmula Racional que tiene aplicación en micro cuencas homogéneas pequeñas con un área no mayor de 13 km², aunque puede usarse para estimación de caudales en cuencas grandes, su exactitud dependerá de la homogeneidad de la cuenca. Su fórmula es sencilla y por eso se explica la vigencia que ha tenido, aunque últimamente está siendo reemplazada por otros métodos con el empleo de software y su utilización está entrando en desuso:

$$Q = 0.2778CIA$$

Donde:

Q= Caudal (m³/s)

C= Coeficiente de escorrentía (adimensional)

I= Intensidad de precipitación (mm/h)

A= Área de la cuenca (m²)

Según Zúniga y Flores (2005) los parámetros para determinar el caudal por el método racional son los siguientes:

A. Coeficiente de escorrentía (c)

Se lee de tabla previamente preparada y publicada con base en investigaciones realizadas. Si la cuenca no es homogénea en lo referente al uso y tipo del suelo, este coeficiente debe ser ponderado por unidad de área, o sea:

$$C = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A_i}$$

Donde:

C_i = Coeficiente de escorrentía de cuenca homogénea

A_i = Área de la cuenca homogénea

El departamento de drenaje pluvial de la Alcaldía de Managua con base en los documentos de Normas Checoslovacas para estabilización de cauces y cárcavas, Esbozo de un plan maestro del drenaje pluvial subterráneo y superficial de la ciudad de Managua y observaciones de campo propone para la determinación del coeficiente de escorrentía, en dependencia de los factores: el uso del suelo, tipo de suelo y pendiente del terreno, presentado en la tabla 1.

Uso de suelo	Us
Vegetación densa, bosques, cafetal con sombras, pastos	0.04
Malezas, arbustos, solar baldío, cultivos perennes, parques, cementerios, campos deportivos	0.06
Sin vegetación o con cultivos anuales	0.10
Zonas suburbanas (viviendas, negocios)	0.30-0.50
Casco urbano y zonas Industriales	0.20
Tipo de suelo	Ts
Permeable (terreno arenoso, ceniza volcánica, pómez)	1.00
Semipermeable (terreno arcilloso arenoso)	1.25
Impermeable (terreno arcilloso, limoso, marga)	1.50
Pendientes del terreno	Pt
0.0-3.0	1.00
3.1-5.0	1.50
5.1-10.0	2.00
10.1-20.0	2.50
20.1 y mas	3.00
C= Us x Ts x Pt	

Tabla 1 Coeficiente de Escorrentía
(Tomado de Zúniga y Flores 2005)

B. Pendiente del fondo del cauce (Sc)

Es la pendiente del fondo del cauce principal

$$S_c = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L}$$

Altura máxima (Hmáx): Es la elevación máxima del punto más remoto del cauce principal donde se inicia el escurrimiento de agua.

Altura mínima (Hmin): Es la elevación del punto de control de la subcuenca

Longitud total del cauce (L): La longitud se mide tomando en cuenta el cauce principal, que generalmente es el de mayor recorrido partiendo del punto más remoto hasta el punto de control.

C. Intensidad de precipitación (I)

Se obtiene por la lectura directa en la curva de Intensidad Duración Frecuencia (IDF) de la estación meteorológica o a través de la ecuación de la ecuación establecida para un periodo de retorno. Conociendo el período de retorno (Tr) seleccionado para el diseño y El tiempo de concentración de las aguas (tc).

$$I = \frac{A}{(tc + B)^n}$$

Donde A, B y n son constantes determinadas estadísticamente para un periodo de retorno determinado.

D. Período de retorno:

Es el tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado por lo menos una vez.

Fijaciones del periodo de retorno:

a. Criterios económicos: La fijación del período de retorno puede ser llevada a cabo por medio de criterios económicos, tales como la comparación de los costos anuales de las obras con los daños producidos por crecientes.

b. Criterios usuales: En casos en que no se apliquen criterios económicos, la fijación del periodo de retorno se basara en criterios tales como:

- Vida útil de la obra
- Tipo de estructura
- Facilidad de reparación y ampliación
- Peligro de perdidas de vidas humanas

TIPO DE PROYECTO	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)
Desviación de crecientes en proyectos hidroeléctricos	25 a50
Rebosadero para crecientes de proyectos hidroeléctricos dependiendo si la presa es de tierra o enrocada, o de concreto	Mayor o igual a 1000 años, o criterio de creciente máximo probable
Colectoras de aguas lluvias en ciudades, dependiendo el tipo de zona en la ciudad	2 a10
Alcantarillas para carreteras	1.1 a 5

Tabla 2 Periodos de retorno

(Tomado de Sáenz 1999)

F. Tiempo de concentración (tc)

Se calcula aplicando el método del proyecto Hidrometeorológico Centroamericano desarrollada por Basso:

$$t_c = 0.0041 \left[\frac{3.28}{\sqrt{S_c}} \right]^{0.77}$$

Donde: t_c = Tiempo de concentración en minutos

L = Longitud del cause principal en metros

S_c = Pendiente del cause en m/m

El tiempo de concentración puede ser un valor estipulado de antemano sin calcular.

Para la realización de este método es necesario contar con la siguiente información de la cuenca de estudio: morfología de la cuenca, infiltración de la cuenca y un registro de precipitaciones de la zona de por lo menos 20 años.

6.5.2 Tránsito de avenidas.

Según Sánchez (1993) se trata de conocer cómo evoluciona un hidrograma a medida que escurre a lo largo de un cauce o a través de un depósito o embalse. También se habla de tránsito de avenidas o se utiliza la expresión transitar una avenida.

Como se observa en la figura 6 si tenemos un canal vacío y sobre este liberamos una cierta cantidad de agua, el hidrograma inicial en este caso será alto y de poca duración. Suponiendo que las pérdidas de

volumen son despreciables, el mismo volumen bajo la curva A estará bajo B y C solo que cada vez más bajas y prolongadas, esto debido a la pérdida de energía por la rugosidad del cauce.

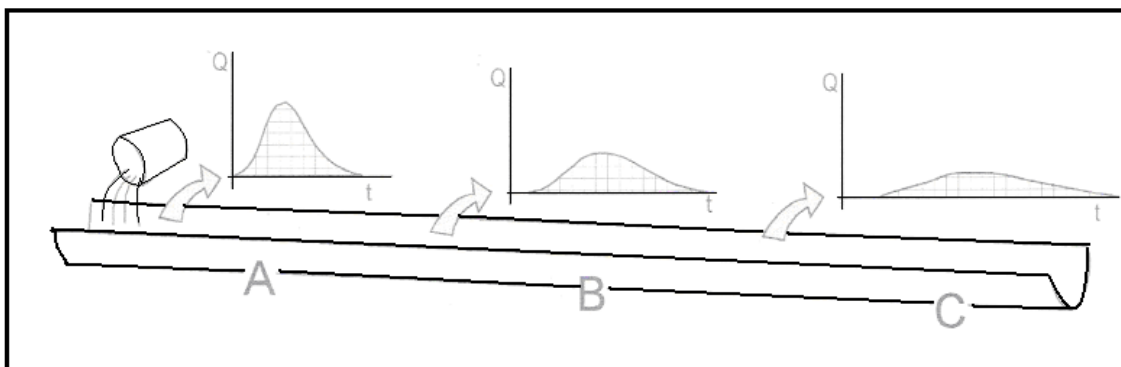


Figura 6 Desarrollo de hidrogramas a traves de un cauce

(Tomada de Sánchez 2003)

Calcular el tránsito de un hidrograma es obtener el hidrograma del punto C a partir del hidrograma del punto A. Entre los métodos hidrológicos, según Chow (1994) posiblemente el más utilizado en cálculos manuales por su sencillez sea el de muskingum.

6.5.2.1 Método de transito de hidrograma (Muskingun)

Como se mencionó anteriormente el primer paso de este método es dividir la cuenca en sub cuencas. Ya que este no determina los caudales de las subcuencas es necesario apoyarse en el Método Racional.

Según Zúñiga y Flores (2005) una vez obtenido el caudal de cada subcuenca es posible generar su **hidrograma triangulare sintético**. El cual es un hidrograma que tiene como tiempo pico el tiempo de concentración y como caudal pico el caudal obtenido por el método racional. Se establece el criterio que la duración de la lluvia es igual al tiempo de concentración de la subcuenca, que a la vez es el tiempo pico del hidrograma.

Se grafican los datos en papel milimetrado definiendo la ordenada para los valores del caudal y la abscisa para el tiempo. Se utiliza este tipo de hidrograma por la simplicidad de sus cálculos, sin embargo, la literatura hidrológica contiene diferentes métodos para generar hidrogramas sintéticos.

Este método se aplica para transitar el hidrograma obtenido en el punto de control de una subcuenca, hacia el próximo punto de control sobre el cauce principal de la cuenca.

Ecuación del tránsito:

$$O_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 O_1$$

Donde:

O_2 = caudal de salida al momento del tránsito

I_2 = caudal de entrada al momento del tránsito

O_1 = caudal de salida un instante antes del tránsito

I_1 = caudal de entrada un instante antes del tránsito

C_0, C_1, C_2 = coeficientes de rugosidad del cauce

6. 5.2.2 Parámetros para el tránsito

A. Velocidad de tránsito (V_t)

Para el primer tránsito es la velocidad del flujo en la primera subcuenca. Se calcula con la fórmula de velocidad

$$V = \frac{L}{t_c}$$

Donde

V = velocidad del flujo

L = longitud total del cauce en la subcuenca

t_c = tiempo de concentración en la subcuenca

Si más de una subcuenca convergen en el punto de cual se inicia el tránsito, será el promedio aritmético de las velocidades del flujo en cada subcuenca.

$$V_t = \frac{1}{n} [V_1 + V_2 + \dots + V_n]$$

Donde n es la cantidad de subcuenca que convergen en el punto a partir del cual se hará el tránsito.

Para el segundo tránsito y los posteriores es el promedio aritmético considerando la velocidad del flujo en cada subcuenca que converge en el punto donde inicia el tránsito incluida la velocidad del o los tránsitos (inmediatos anterior) realizados hasta dicho punto.

$$V_t = \frac{1}{x} [V_1 + V_2 + \dots + V_t(\text{realizado})]$$

Donde x representa la cantidad de datos a sumar.

B. Longitud de tránsito (L_t)

Es la distancia entre dos puntos de control consecutivos, medidos sobre el cauce principal de la cuenca.

C. Tiempo de retardo (K)

Representa el desfase entre el tiempo pico del hidrograma a transitar y el tiempo pico del hidrograma transitado.

$$K = \frac{L}{V_t}$$

Donde:

K = tiempo de retardo

L_t = longitud del tramo del cauce principal a través del cual se hará el tránsito

V_t = velocidad del tránsito a realizar

D. Tiempo de hidrograma a transitar (t)

Es el cociente que resulta al dividir como mínimo por 2 el tiempo pico del hidrograma a transitar.

Si la menos un coeficiente de rugosidad de la ecuación del tránsito es negativo, el tiempo pico se divide por 3, 4, 5,.. n veces hasta obtener coeficiente de rugosidad positivos.

Si después de varias subdivisiones el valor continua negativo, significa que habrá pérdida de caudal en el tránsito, lo que ocurre si el tiempo de retardo (K) es mucho menor que el tiempo pico del hidrograma a transitar.

E. Coeficientes de rugosidad

$$C_0 = -\frac{(KX - 0.5t)}{K - KX + 0.5t}$$

$$C_1 = \frac{(KX + 0.5t)}{K - KX + 0.5t}$$

$$C_2 = \frac{(K - KX - 0.5t)}{K - KX + 0.5t}$$

Donde:

K = tiempo de retardo o constante de almacenamiento en minutos

t = tiempo del hidrograma a transitar

X= expresa la importancia relativa de las entradas y salidas del flujo al tramo en el almacenamiento del mismo. Su valor se obtiene por el método de las Lasadas y oscila entre 0.10 Y 0.30 según las características del cauce. Para cauces se utiliza el valor promedio de 0.20.

Los coeficientes de rugosidad deben de cumplir:

$$C_0 + C_1 + C_2 = 1$$

6.5.2.3 Secuencia lógica en la aplicación del método

A. Tránsito del hidrograma del primero al segundo punto

El procedimiento se realiza de aguas arriba hacia aguas abajo partiendo del primer punto de control y utilizando el hidrograma triangular sintético en este punto.

Si dos o más subcuencas convergen en dicho punto, se hará una suma de hidrograma triangulares y el hidrograma resultante se transita hacia el segundo punto de control.

B. Gráfico del hidrograma transitado

Se elabora en papel milimetrado el gráfico Caudal vs. Tiempo del hidrograma transitado.

C. Suma de hidrograma en el segundo punto

Se suma el hidrograma transitado y el hidrograma triangular sintético de la o las subcuencas que convergen hacia el segundo punto. El hidrograma suma se obtiene colocando los tiempos de los hidrogramas a sumar en orden cronológico ascendente con su respectivo caudal. Los caudales faltantes en cada hidrograma se leen del gráfico correspondiente o interpolando.

D. Gráfico del hidrograma suma en el segundo punto

Se elabora en papel milimetrado del gráfico Caudal vs. Tiempo utilizando los tiempos en orden cronológico ascendente y los caudales respectivos resultantes de la suma.

E. Tránsito del hidrograma suma en el segundo punto hacia al tercer punto

El hidrograma resultante de la suma en el segundo punto se transita hacia el tercer punto, y aplicando la ecuación de tránsito de avenida.

F. Se prosigue la secuencia lógica del método hasta finalizar los cálculos en el punto de cierre de la cuenca

Del hidrograma suma o hidrograma resultante en este punto se lee el caudal máximo que corresponde al caudal de diseño para el periodo de retorno (TR) previamente seleccionado.

Los gráficos en papel milimetrado se deben hacer en hojas separadas los hidrogramas triangular sintético, transitado y suma en la medida en que se avanza en el cálculo del caudal, con el propósito de leer los caudales faltantes en el hidrograma que se desarrollara en un determinado procedimiento.

6.6. Métodos de cálculo del caudal medio y la curva de duración de caudales (CDC).

Como uno de los objetivos de esta investigación se ha planteado determinar el caudal medio mensual y anual y la curva de duración de caudales (CDC) en el punto de estudio, ya que esta información es de vital importancia para la aprobación del proyecto. Esta permitirá hacer estimaciones de producción de energía, factor que define la rentabilidad del proyecto, así como también otros parámetros del diseño de las obras hidráulicas del sistema de presa.

Según El manual de estaciones meteorológicas de la Organización Meteorológica Mundial (1972) para obtener el caudal medio y la CDC de una cuenca es necesario contar con un registro de caudales de por lo menos 30 años. Es evidente que la mejor forma de obtener el caudal medio del río es la de realizar mediciones de caudales en campo en el punto de interés, ya sea a través de una serie de aforos o de una estación hidrométrica.

A. Serie de aforos: Existen diferentes métodos para la realización de aforos entre estos encontramos aforos con molinete, aforos de bolla, aforos con tintas, entre otros. Los aforos permiten conocer el caudal del río en el momento que se realiza la medición, sin embargo este es un valor puntual y se requeriría de muchos aforos para estimar un caudal medio.

B. Estaciones hidrométricas: Una estación hidrométrica es la mejor manera determinar y registrar los caudales de un río. El funcionamiento de una estación de este tipo básicamente consiste en determinar los niveles de agua a través del limnómetro en una sección más o menos estable y definida del río. Posteriormente estos datos son procesados con la respectiva curva de gasto de la sección limnimétrica y finalmente se obtienen toda la información acerca del comportamiento del río.

Se sabe en el punto de estudio existió una estación hidrométrica. La cual fue puesta en funcionamiento por “El plan maestro de energía de Nicaragua 1977–2000” con el fin de estudiar el comportamiento del río

para la generación de energía en la antigua central hidroeléctrica. Pero esta fue descontinuada con el cierre de la central. Desafortunadamente no se cuenta con ningún registro de la estación, por este motivo es necesario emplear métodos indirectos.

6.6.1 Método Racional

El método racional permite hacer aproximaciones de caudales medio anuales. Para su aplicación se debe contar con la precipitación anual, y esta debe ser convertida en intensidad mediante la siguiente ecuación:

$$I = \frac{P_A}{D \times h}$$

Donde:

I = Intensidad de lluvia anual

P_A = Precipitación Anual

D = Días del año

H = Horas del día

6.6.2 Método de correlación entre estaciones

Este método fue desarrollado con el fin de rellenar información hidrométrica de una estación haciendo uso de las estadísticas de una estación cercana confiable (estación base). Para que esta correlación de buenos resultados la cuenca de la estación base debe presentar características similares a la de la cuenca de estudio, como por ejemplo la orientación del drenaje de la cuenca, la altitud promedio, forma de la cuenca, distancia del mar, entre otras.

A. Correlación de superficie:

Según El manual de estaciones meteorológicas de la OMM (1972) cuando no se cuenta con información hidrométrica del todo es posible establecer una relación entre caudales y precipitaciones. Este método es considerado como una aproximación y no es aceptable para el diseño de obras hidráulicas.

$$\frac{Q}{Q_b} = \frac{A}{A_b}$$

Donde:

Q = Caudal en el punto de estudio

Q_b = Caudal de estación base

A = Área en el punto de la cuenca en estudio

A_b = Área en el punto de la cuenca base

B. Efecto de la precipitación:

Se logra un buen mejoramiento de este método al agregar las precipitaciones medias de las cuencas. En este caso se acepta que la constancia de la relación precipitación–escurrimiento, es decir $K = K_b$ en la siguiente ecuación para el escurrimiento:

$$Q = KPA$$

$$Q_b = K_b P_b A_b$$

Si

$$K = K_b$$

$$\frac{Q}{PA} = \frac{Q_b}{P_b A_b}$$

$$Q = \frac{P}{P_b} \frac{A}{A_b} Q_b$$

Donde:

P = Es la precipitación media de la cuenca de estudio

P_b = Es la precipitación media de la cuenca base

6.6.3 Balance Hídrico

Como se explico anteriormente el agua en el medio ambiente permanece en movimiento a través de lo que llamamos Ciclo Hidrológico. El Balance hidrológico es pues un estudio enfocado en el comportamiento del ciclo hidrológico en una superficie de tierra y tiempo determinados.

Los resultados de estos estudios son de mucha utilidad en muchos campos de investigación como por ejemplo en la agricultura es de vital importancia conocer la humedad del suelo de la que disponen los cultivos, al mismo tiempo también como será el comportamiento de las lluvias y la disponibilidad de agua para riego.

La información sobre los excedentes de agua y la cantidad por la cual la precipitación excede las necesidades de humedad cuando el suelo esta en su capacidad de campo, es fundamental en todo estudio hidrológico.

Básicamente el balance hídrico establece las cantidades de agua que ingresan y egresan a través de los procesos del ciclo del agua en un lugar, cuenca o región dada en un periodo de tiempo determinado. Estos procesos según Olmos, Borsellino y Pece (2003) son:

- Precipitación
- Infiltración
- Percolación
- Evapotranspiración
- Escorrentía Superficial
- Escorrentía Subterránea

Estos procesos pueden ser representados por el modelo de la figura 7:

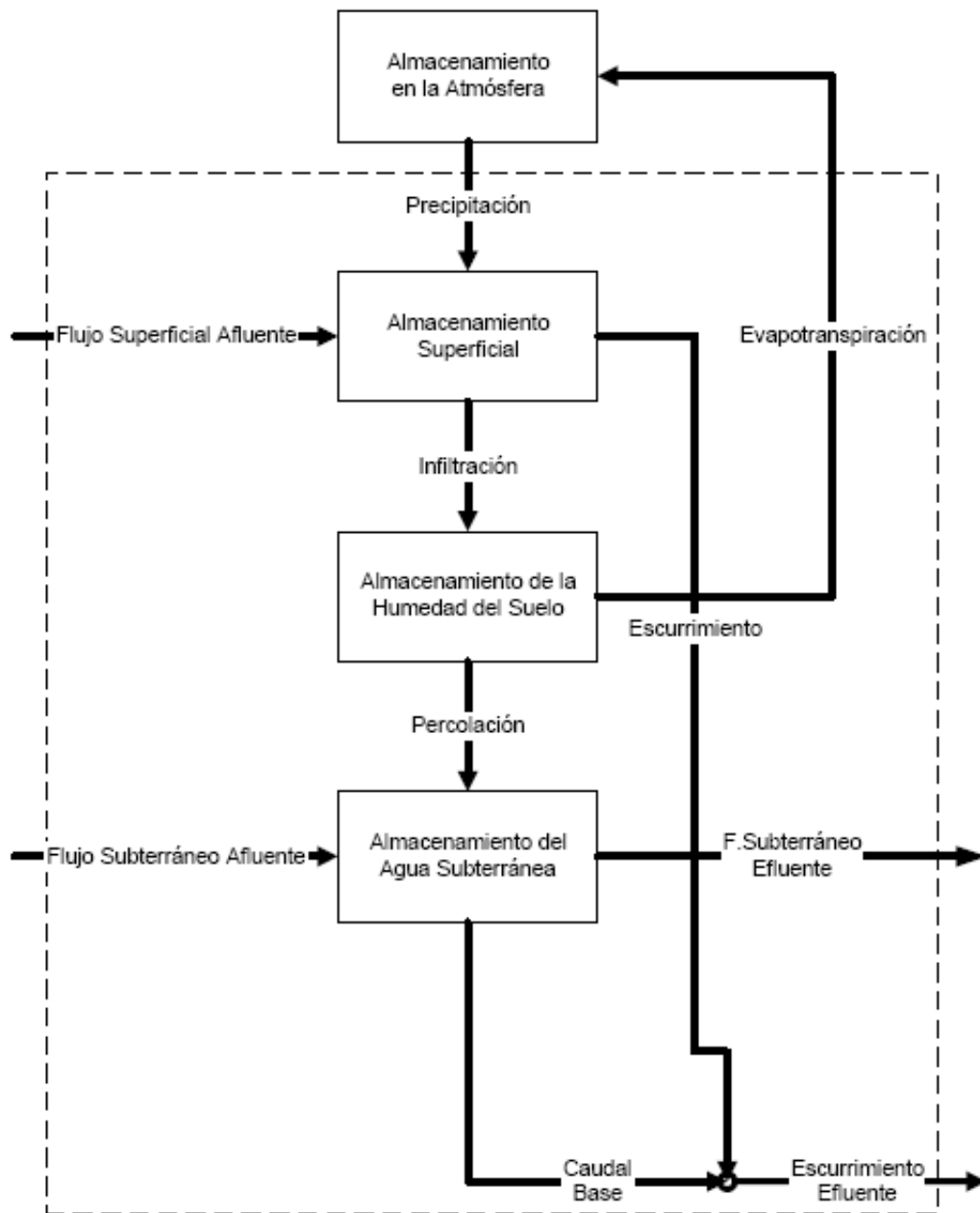


Figura 7 Modelo de los procesos del ciclo hidrológico para una cuenca (Tomado de Silva 2004)

También considera almacenamiento o extracción a las reservas de agua en la atmósfera, suelo y subsuelo. Según Duran (2005) enfocando al estudio directamente en la capa superior del suelo los ingresos de agua son efectuadas mediante las precipitaciones y los egresos por la evaporación y la transpiración de las plantas y la escorrentía, pudiendo haber un almacenamiento o extracción de agua en el suelo en un tiempo dado.

6.6.3.1. Precipitaciones

Estas forman parte de los regimenes hidrológico, por lo tanto varían con las estaciones del año. Otro factor que debe considerarse es el de la distribución de las lluvias en la superficie esta varia en función de elevación y la cercanía del mar del punto de estudio. Su distribución en el tiempo es obtenida promedio de estaciones pluviométricas que deben de estar esparcidas correctamente en el área de estudio para obtener buenos resultados. Estas normalmente son cuantificadas como columnas de agua (mm) en periodos diarios, mensures y anuales. Según Sáenz (1999) es posible determinar una precipitación media de un área considerando el esparcimiento de las lluvias mediante tres métodos, estos son: la media aritmética, polígonos de Thiessen y Las curvas Isoyetas.

A. Método Aritmético:

Consiste en la media aritmética de los datos de precipitación de las estaciones pluviométricas que se encuentren en la zona de estudio. Esta se calcula con la siguiente expresión matemática:

$$P_m = \frac{1}{n}(P_1 + P_2 + \dots + P_n)$$

Donde:

P_m = Es la precipitación media de la cuenca

P_n = Precipitaciones de estaciones circundantes

N = Numero de estaciones

B. Polígonos de Thiessen

Este método consiste en determinar las áreas de influencia de las estaciones mediante métodos gráficos y con estas áreas ponderar los datos de precipitación de las estaciones. Según la normativa de la OMM para emplear este método es necesario que las estaciones tengan una buena distribución, con equidistancia entre estación menor de 50 km en zonas planas y 25 km en zonas montañosas.

$$P_m = \frac{1}{A} [P_1 A_1 + P_2 A_2 + \dots P_n A_n]$$

Donde:

P_m = Es la precipitación media de la cuenca

P_n = Precipitaciones de estaciones circundantes

N = Numero de estaciones

A = Área de la cuenca

A_n = Área de influencia de la estación

C. Curvas Isoyetas

En este método no emplean directamente la información de las estaciones de la zona, sino que se emplean estudios elaborados a partir de estas como son las curvas isoyetas estas presenta una distribución clara de las precipitaciones sobre un mapa físico. Este método delimita las áreas de las respectivas cotas de precipitación y luego las pondera de manera similar a Thiessen.

$$P_m = \frac{1}{A} [C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_n A_n]$$

Donde:

P_m = Es la precipitación media de la cuenca

C_n = Cota de precipitación

N = Numero de cota precipitación

A = Área de la cuenca

A_n = Área de la cota precipitación

Es importante mencionar que la mejor forma de obtener buenos resultados es la de combinar Thiessen con las isoyetas, pero sino se cuenta con las curvas isoyetas y se tiene una buena distribución de las estaciones en el área Thiessen da buenos resultados.

Es necesario que para obtener una precipitación media representativa de la cuenca contar con por lo menos 30 años de registros pluviométricos completos. Debido a que en la realidad nos encontramos que los registros no están completos es necesario rellenar los datos faltantes.

6.6.3.2. Completación y extensión de registros pluviométricos

Según Villón (2001) la completación y extensión de los registros puede ser realizada mediante el método de correlación. El proceso a seguir para la completación o extensión de datos es el siguiente:

Para llevar a cabo el proceso se debe contar con por lo menos un registro de datos de 10 años de la estación que se desea rellenar. Seleccionar una estación con buena relación con la estación a completar y cuyo registro de datos sea mayor. Se selecciona como modelo de correlación, la ecuación de regresión lineal.

$$Y_t = a + bX_t$$

Donde:

Y_t = Variable hidrológica dependiente

X_t =Variable hidrológica independiente

a y b = Parámetros de la ecuación de regresión lineal

Estimar los parámetros:

$$b = r \frac{S_{t(y)}}{S_{t(x)}} \quad \text{ó} \quad b = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$a = ym_i - bxm_i$$

$$ym_i = \frac{\sum y_i}{N_1}$$

$$xm_i = \frac{\sum x_i}{N_1}$$

$$r = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{(N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(N_1 \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

$$S_{l(y)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} \left[\sum_{i=1}^{N_1} (y_i - ym_i)^2 \right]}$$

$$S_{l(x)} = \sqrt{\frac{1}{N_1 - 1} \left[\sum_{i=1}^{N_1} (x_i - xm_i)^2 \right]}$$

Donde:

Y_1 = Serie de registro corto

X_1 = Serie de registro largo

N_1 = Tamaño del registro común de ambas series

Ym_1 y Xm_1 = Son los estimados de las medias en el periodo común

$S_{1(y)}$, $S_{1(x)}$ = Son los estimados no sesgados de las desviaciones estándar de Y_t y X_t del periodo común

r = coeficiente de correlación (para que la correlación sea aceptable r debe de ser mayor o igual que 0.7)

Ecuación de completación y extensión:

$$y_t = ym_1 + r \frac{S_{1(y)}}{S_{1(x)}} (x_t - xm_1)$$

$$\alpha = \frac{N_2(N_1 - 4)(N_1 - 1)}{(N_2 - 1)(N_1 - 3)(N_1 - 2)}$$

6.6.3.3. Análisis de consistencia

Una vez recopilada y completado los registros pluviométricos es necesario verificar la confiabilidad de los datos. Esto se hace mediante un análisis de consistencia de la información, mediante criterios físicos y métodos estadísticos que permitan identificar, evaluar y eliminar los posibles errores sistemáticos que han podido ocurrir, sean por causa natural o por la mano del hombre.

A. Análisis de doble masa:

Según Villón (2001) este análisis se utiliza para dar una cierta confiabilidad en la información, para analizar la consistencia en lo relacionado a errores, que pueden producirse en la oblación de los mismos, y no para una corrección de la curva de doble masa.

El diagrama de doble masa se obtiene planteando en el eje de las abscisas los acumulados, por ejemplo, de los volúmenes anuales en millones de m^3 , de todas las estaciones de la cuenca y en el eje de las ordenadas los acumulados de los volúmenes anuales, en millones de m^3 , de cada una de las estaciones de estudio, como se muestra en la figura 8.

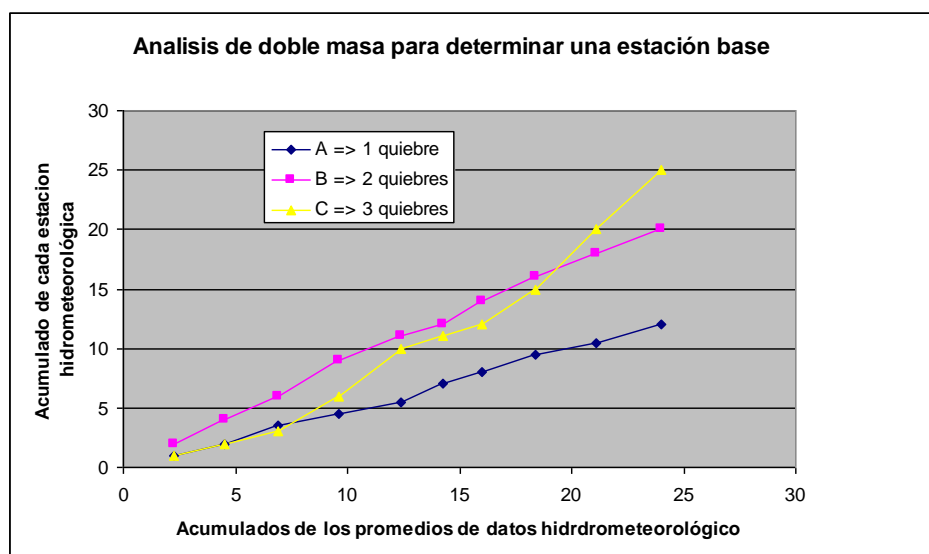


Figura 8 Ejemplo de diagrama de doble masa acumulado de precipitación de las estaciones versus promedio (Elaboración propia)

De estos se selecciona como la estación mas confiable, la que presente el menor numero de quiebres, por ejemplo en la figura 8, corresponde a la estación A, la cual se utiliza como estación base para un nuevo diagrama de doble masa colocando en el eje de las abscisas la estación base y en las ordenadas la estación en estudio (Ver figura 9)

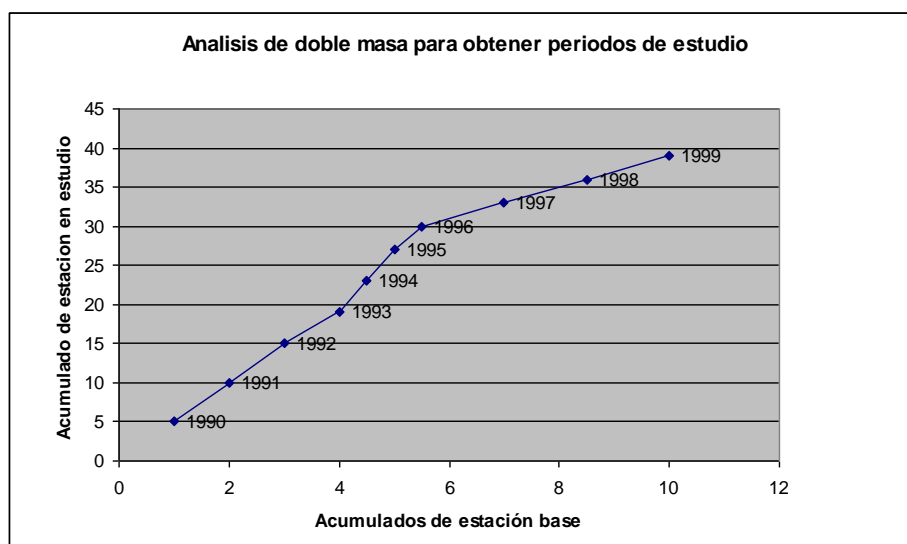


Figura 9 Ejemplo de diagrama de doble masa acumulado de estación base versus estación de interés (Elaboración propia)

Primer periodo (n_1) 1990 – 1993

Segundo periodo (n_2) 1993 – 1996

Tercer periodo (n_3) 1996 – 1999

El análisis de doble masa consiste básicamente en conocer mediante los quiebres que se presentan en el diagrama, las causa de los fenómenos naturales o si fueron generados por errores sistemáticos. En este último caso, permite determinar rangos de periodos dudosos y confiables para las estaciones en estudio, las cuales deberán corregirse usando ciertos criterios estadísticos, para la figura anterior el análisis de doble masa permite obtener los periodos n_1 , n_2 , n_3 , que deberán estudiarse con el análisis estadístico.

B. Análisis estadístico

Después de obtener de los gráficos contruidos para el análisis de visual, los periodos de posible corrección, y los periodos de datos que se mantendrán con sus valores originales, se procede al análisis estadístico de salto, tanto en la media como en la desviación estándar.

C. Análisis de salto

a. Consistencia de la media

El análisis estadístico consiste en probar, mediante la prueba t (prueba de hipótesis), si los valores de las medias (X_{m_1} , X_{m_2}) de las submuestras son estadísticamente iguales o diferentes con una probabilidad del 95% o con el 5% de nivel de significación, de la siguiente manera:

- Se calcula la media y la desviación estándar para un periodo según:

$$xm_1 = \frac{\sum x_i}{n_1} \quad ; \quad S_{1(x)} = \sqrt{\frac{1}{n_1 - 1} \left[\sum_{i=1}^{n_1} (x_i - xm_1)^2 \right]}$$

$$xm_2 = \frac{\sum x_j}{n_2} \quad ; \quad S_{2(x)} = \sqrt{\frac{1}{n_2 - 1} \left[\sum_{j=1}^{n_2} (x_j - xm_2)^2 \right]}$$

Donde:

X_j = Valores de la serie del periodo 1

X_j = Valores de la serie del periodo 2

xm_1, xm_2 = Media de los periodos 1 y 2 respectivamente

$S_1(X), S_2(X)$ = Desviación estándar de los periodos 1 y 2 respectivamente

n = Tamaño de la muestra

$n = n_1 + n_2$

- Cálculo de t calculando (t_c) según

$$t_c = \frac{(xm_1 - xm_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_d}$$

Donde $\mu_1 - \mu_2 = 0$ (por hipótesis, la hipótesis es que las medias son iguales), quedando:

$$t_c = \frac{(xm_1 - xm_2)}{S_d}$$

Además:

$$S_d = S_p \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{1/2}$$

$$S_p = \left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{1/2}$$

Siendo:

S_d = Desviación de las diferencias de los promedios

S_p = Desviación estándar ponderada

- Cálculo del t tabular t_t :

El valor crítico de t se obtiene de la tabla t de Student (ver anexos), con una probabilidad al 95%, o con un nivel de significación del 5%, es decir con $\alpha/2 = 0.025$ y con grados de libertad $v=n_1+n_2-2$.

- Comparación de t_c con t_t :
 - Si $|t_c|$ menor que t_t (95%) : $X_{m1}=X_{m2}$ (Estadísticamente)
 - No se debe realizar proceso de correlación
 - Si $|t_c|$ mayor que t_t (95%) : $X_{m1} \neq X_{m2}$ (Estadísticamente)
 - Se debe corregir la información

b. Consistencia de la desviación estándar

El análisis estadístico consiste es demostrar con la prueba F, si los valores de las desviaciones estándar de las submuestras son estadísticamente iguales con un 95% de probabilidad o con un 5% de significación, de la siguiente forma:

- Calculo de la varianza de ambos periodos:

$$S_{1(x)}^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \left[\sum_{i=1}^{n_1} (x_1 - xm_1)^2 \right]$$

$$S_{2(x)}^2 = \frac{1}{n_2 - 1} \left[\sum_{j=1}^{n_2} (x_2 - xm_2)^2 \right]$$

- Calculo del F calculando (F_c) según:

$$F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}, \text{ Si } S_1^2(x) > S_2^2(x)$$

$$F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}, \text{ Si } S_1^2(x) < S_2^2(x)$$

- Calculo de F tabular (valor critico de F o F_t), se obtiene de las tablas F (ver anexo) para una probabilidad del 95%, es decir, con nivel de significación $\alpha = 0.05$ y grado de libertad:

$$\text{G.L.N.} = n_1 - 1$$

$$\text{G.L.D} = n_2 - 1$$

$$\text{Si } S_1^2(x) > S_2^2(x)$$

$$\text{G.L.N.} = n_2 - 1$$

$$\text{G.L.D} = n_1 - 1$$

$$\text{Si } S_1^2(x) < S_2^2(x)$$

- Comparación del F_c con el F_t :

- Si F_c menor que F_t (95%) : $S_1(x) = S_2(x)$ (Estadísticamente)

No se debe realizar proceso de correlación

- Si F_c / mayor que F_t (95%) : $S_1(x) \neq S_2(x)$ (Estadísticamente)

Se debe corregir la información

C. Correlación de datos

En los casos en que los parámetros media y desviación estándar de las sub muestra de las series de tiempo, resultan estadísticamente iguales, la información original no se corrige por que es consistente con un 95 % de probabilidad, aun cuando en doble masa se observen quiebres. En el caso contrario se corrigen los valores de las submuestras mediante la siguiente ecuación:

$$X'_{(t)} = \frac{x_t - xm_1}{S_1(x)} \cdot S_2(x) + xm_2$$

Donde:

$X'(t)$ = Valor corregido de salto

X_t = Valor a ser corregido

6.6.3.4. Evapotranspiración

Como se menciona anteriormente la evaporación y la transpiración de las plantas son procesos del ciclo del agua mediante los cuales egresa el agua de la superficie terrestre, estos generalmente son estudiados de manera conjunta y son denominados por el nombre de evapotranspiración.

El estudio de la evapotranspiración es complejo ya que las variables que se estudian no son independientes. Esta se produce debido a las condiciones atmosféricas como la temperatura y la radiación solar, pero al mismo tiempo depende de la cantidad de agua disponible en suelo. Es

decir que esta no se produce cuando hay agotamiento del agua. Esto condujo a introducir la noción de evapotranspiración real, E , que es la evapotranspiración que efectivamente se da y la evapotranspiración potencial.

Evapotranspiración potencial

Según Durand–Dastes (2005) la evapotranspiración potencial, ETP es la cantidad de agua que puede pasar en la atmósfera únicamente en función del estado de ésta, suponiendo que la cantidad de agua disponible no sea un factor limitante. (La cantidad de agua que se agrega en un florero para mantener el nivel constante es una medida de evapotranspiración potencial en función del estado de la atmósfera en el lugar donde se encuentra ese florero).

Es común, en el estudio de los balances hídricos, comparar las precipitaciones P y la evapotranspiración potencial ETP, lo cual permite distinguir situaciones diferentes en función de umbrales que son directamente significativos para un lugar o un período dado: Si $P < ETP$, la evaporación real será igual a P ; habrá deducción sobre las reservas, ausencia de escurrimiento; el período se denominará deficitario. Si $P > ETP$, la evaporación real será igual al ETP, habrá escurrimiento y constitución de reservas; el período se llamará excedente. Los problemas prácticos relativos a las mediciones, a los órdenes de magnitud considerados, imponen variaciones en los métodos de estudio y de presentación de los balances hídricos.

Al igual que las precipitaciones se puede obtener datos de evapotranspiración a través de las estaciones meteorológicas con instrumentos como el evapómetro de pichel (al abrigo) o el barco colorado. Pero estos instrumentos normalmente no son instalados en todas las estaciones por lo tanto no se puede obtener una distribución real. Es por eso que para la realización de los balances estas son determinadas a partir de los factores que la producen y de los cuales si se tiene mas información, como son: En primer lugar, la temperatura,

pero se intenta igualmente introducir la humedad relativa, la velocidad del viento, la radiación solar, etc.

Existen varios métodos para determinar la ETP pero en este trabajo nos concentraremos en el método de Hargreaves ya que se adapta a la información que se dispone.

Según Hargreaves (1978) las medidas de radiación solar incidente solamente son disponibles en pocas áreas de Centro América y los radiómetros pueden no estar bien calibrados. Las horas de sol son medidas en más lugares y ellas son generalmente más confiables. Las horas de sol se convierten en el porcentaje de posible brillo de sol, S , con uso de la tabla 1.

Donde las medidas del sol no son disponibles una estimación puede hacerse por medio de la humedad relativa, HR . Esto requiere el uso de una constante (K_s), que varía con el clima y la manera de recopilar la información. Para Centro América los valores promedio están generalmente entre el rango de 11 a 13. Se propone para Nicaragua un valor de 11.5. Valores más exactos pueden determinarse de la información de lugares que tienen valores medios de S y RH .

La radiación solar incidente, RSI , equivalente a mm de evaporación, pueden ser confiablemente extraídos de la radiación extraterrestre, RA , y el porcentaje de posible brillo de sol, S . Valores de MRD significan radiación extraterrestre diaria (tabla 2) Valores de radiación extraterrestre mensual se estiman del número de días del mes, DM .

La expresión puede escribirse:

$$RA = RMD \times DM$$

La radiación solar incidente, RSI , es calculada de RA y el porcentaje de posible brillo de sol, S . La ecuación sería:

$$RSI = 0.075 \times RA \times S^{1/2}$$

Donde el porcentaje de brillo solar S es:

$$S = KS(100 - RH)^{1/2}$$

La temperatura en grados Celsius, TC, se convierten en temperatura en grados Fahrenheit, TF, por medio de la ecuación:

$$TF = 32 + 1.8 \times TC$$

Para Centro América ETP durante días claros y en los meses calientes en alturas bajas puede ser de 8 mm por día. Durante las estaciones lluviosas y especialmente durante los periodos más fríos la ETP puede tener un promedio tan bajo como 4 mm por día.

La Evapotranspiración, ETP se determina mediante la siguiente ecuación:

$$ETP = 0.0075 \times RSI \times TF$$

Una vez calculadas las ETP, se debe de calcular la Evapotranspiración Real, ETR, esta se determina con la aplicación del balance.

6.6.3.5. Ecurrimiento

En este proceso el agua sale de la capa de estudio como escorrentía superficial. Esta es expresada en lámina de agua (mm). Esta puede determinarse mediante el estudio de una cuenca en la cual se cuenta con un caudal base. Esta se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$S = Q \frac{t}{A}$$

Donde:

S = Es el escurrimiento (mm)

Q = Es el caudal medio en un tiempo dado (m³/s)

A = Es el área de la cuenca de estudio

t = Es una constante de tiempo

Evidentemente en esta investigación no se cuenta con datos de caudales por lo tanto esta ecuación no es aplicable. De manera pues que el escurrimiento es una variable a determinar en el balance, mediante la cual se podrán determinar los caudales.

6.6.3.6. Aplicación de Balance Hídrico

Como se menciona anteriormente los métodos de balance hídrico buscan conocer las cantidades de agua en movimiento a través de los procesos presentados. Para obtener estos resultados los balances requieren de los datos de precipitación, ETP y escurrimiento. Al no contar con información alguna de escurrimiento es necesario emplear un método que se adapte a esta carencia, entre los métodos investigados se encuentra una simplificación del método que presento Budyko (1963). Este es aplicable donde las acumulaciones de nieve sean despreciables y las temperaturas de los meses mas fríos no caigan a menos de -1°C . Este no emplea los datos de escurrimiento, en cambio hace uso de las características de almacenamiento de agua del suelo en estudio.

A.Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo

La capacidad de almacenamiento de agua (humedad) en un suelo fue un parámetro desarrollado con el objetivo de conocer la disponibilidad de agua en el suelo para cultivos. Según Edlefson y Anderson (1943) existen tres puntos de referencia de humedad después de la saturación de un suelo y secarlo gradualmente por completo. El primero es inmediatamente después de hidratarlo hasta la saturación (Punto A grafico 10, en este punto, los poros del suelo están llenos en un 80% y el suelo contiene la máxima cantidad de agua que puede retener sino se le impide su drenaje a una capa inferior de suelo mas seca. El segundo cuando el agua que apenas estaba sostenida se drena del suelo, se alcanza un punto mas allá donde el drenaje natural es lento, pero la conductividad de la humedad permanece siendo mayor que cero, que esta marcado como B_1 en la curva. La variación de agua del A a B_1 corresponde a la clasificación de Briggs de agua gravitacional. La cantidad de agua en el suelo en la vecindad de B_1 se conoce como **capacidad de campo**. Sino existen plantas y la evaporación es despreciable, la humedad se reduce paulatinamente como se representa en la curva B_1 E. Y por ultimo en el tercer punto las plantas las plantas han reducido el agua hasta llegar al **punto de marchitamiento permanente**, a partir de este punto la energía necesaria para que las

plantas extraigan agua se incrementa y ni aun así estas logran extraer la suficiente, es cuando la planta sufre estrés por falta de agua.

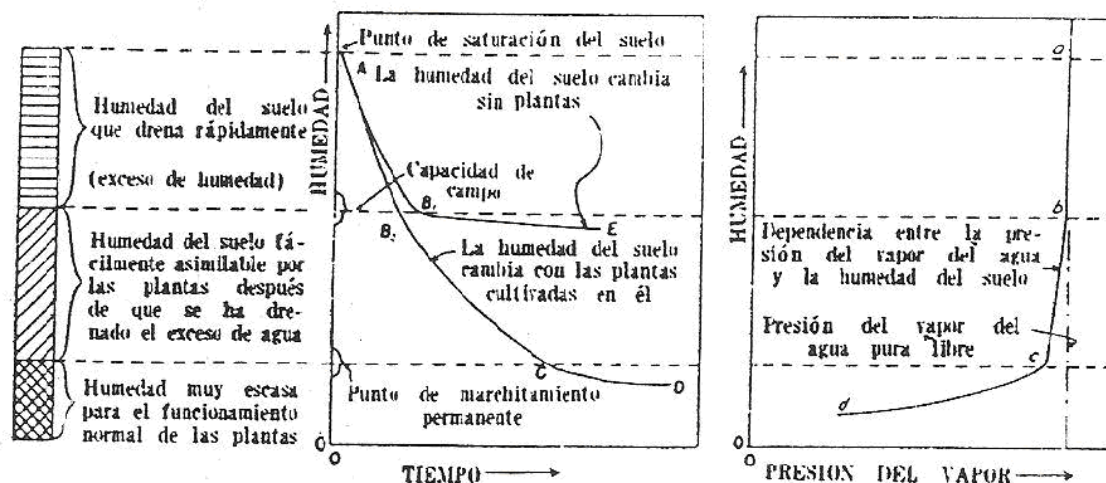


Figura 10 Diagrama de humedad del suelo (Tomado de Thorne y Peterson 1969)

La capacidad de campo, w_c , y el porcentaje de marchitamiento permanente, w_m , varían ligeramente con los cambios de los factores como la temperatura, la distancia del nivel freático y el tipo de planta que se trate.

Según Grassi (1975) w_c representa la capilaridad máxima de un suelo y esta dada por el tamaño de sus partículas, ella depende fundamentalmente de la textura del suelo. En cambio w_m representa el límite inferior de aprovechamiento del agua por las plantas.

Si w_c y w_m se expresan en función del peso seco del suelo, la lámina de agua, w_M disponible se determina mediante la siguiente ecuación:

$$w_M = \left(\frac{w_c - w_m}{100} \right) \times D_a \times p$$

Donde:

D_a = Es la densidad aparente

p = Es la profundidad de la capa en estudio

B. Ecuación de Balance

Según Budyko la ecuación de balance hídrico para la capa de suelo esta dada por:

$$P = ETR + \Delta f + g + p = ETR + S + w_2 - w_1$$

Donde:

P = Es la precipitación

ETR = ES la Evapotranspiración Real

Δf = Es la esorrentía

g = Es el almacenamiento donde

$$g = w_2 - w_1$$

p = Es la precolación

S = Es el excedente de humedad

$$S = \Delta f + p$$

Ya que el recolada se convierte en almacenamiento en largos periodos en largos periodos no se encuentra expuesta a la Evapotranspiración por lo tanto finalmente se convierte en esorrentía, siendo $S = \Delta f$.

C. Evapotranspiración Real

La evapotranspiración real es la evapotranspiración que realmente se esta depende como se dijo de la evapotranspiración potencial y de la humedad disponible para evapotranspirar. Por lo tanto el cálculo de esta condicionado a la humedad existente, es decir:

$$w_m \geq w_k \therefore ETR = ETP$$

$$w_m \leq w_k \therefore ETR = ETP \left(\frac{w_m}{w_k} \right)$$

$$w_m = 0.5(w_1 + w_2)$$

Donde w_k es la humedad critica y esta el el 75% de la humedad disponible, w_M .

D. Excedente de humedad

Asumiendo que el excedente de agua es directamente proporcional a la precipitación y la capacidad de almacenamiento de agua del suelo se tiene:

$$S = b \times P \times \frac{w_m}{w_M}$$

Donde b es una constante empírica de proporcionalidad, según Budyko (1963) permanece entre los rangos de 0.2 a 0.8 según las precipitaciones y la Evapotranspiración del sitio. Para obtener el promedio mensual, se hace la siguiente relación:

$$b = \frac{0.8P}{ETP + P}$$

Relacionando las ecuaciones anteriores se tiene:

$$w_m > w_k \therefore w_m(1) = \frac{P + 2w_1 - ETP}{2 + b \frac{P}{w_M}}$$

$$w_m < w_k \therefore w_m(2) = \frac{P + 2w_1}{2 + b \frac{P}{w_M} + \frac{ETP}{w_k}}$$

$$w_2 = 2w_m - w_1$$

Para este método, el valor de w_1 para el primer periodo es un valor asumido. Y partiendo de este valor se procede a iterar considerando como parámetro para la selección de ecuación w_k y determinar w_2 . Un vez determinado w_2 se procede al segundo periodo teniendo como w_1 a w_2 . Se considera como primer ciclo de iteración al completar 1 año y se sigue iterando hasta que los valores de w_1 no cambien. Suele suceder que para un periodo w_m sea mayor que $(w_1 + w_{Max})/2$ en ese caso se hará w_m igual $(w_1 + w_{Max})/2$ y w_2 será igual a w_{Max} . También es posible que w_m sea menor que $w_1/2$, en este caso se hará w_m igual $w_1/2$ y w_2 será igual a 0.

6.6.4 Curva de duración de caudales

Según Silva (2004) la curva de duración de caudales es el resultado del análisis de la frecuencia de una serie histórica de caudales medios diarios en el punto de control hidrológico de una cuenca. Se estima que si la serie histórica es suficientemente buena, la curva de duración es representativa del régimen de caudales medios de la corriente y por lo tanto puede utilizarse para pronosticar el comportamiento del régimen futuro de caudales, o sea el régimen que se presentará durante la vida útil de un proyecto de aprovechamiento del recurso.

Como se observa en la Figura 11 la escala vertical de la curva de duración representa caudales medios (diarios, mensuales o anuales) y la escala horizontal las probabilidades de que dichos caudales puedan ser igualados o excedidos.

Las curvas de duración tienen formas típicas que dependen de las características de las cuencas vertientes. En cuencas de montaña, por ejemplo, la pendiente pronunciada en el tramo inicial de la curva indica que los caudales altos se presentan durante períodos cortos, mientras que en los ríos de llanura no existen diferencias muy notables en las pendientes de los diferentes tramos de la curva. Este hecho es útil para ajustar la forma de la curva de duración según las características de la cuenca cuando la serie de caudales medios es deficiente, o para transponer una curva de duración de una cuenca bien instrumentada de la misma región a la cuenca que tiene información escasa.

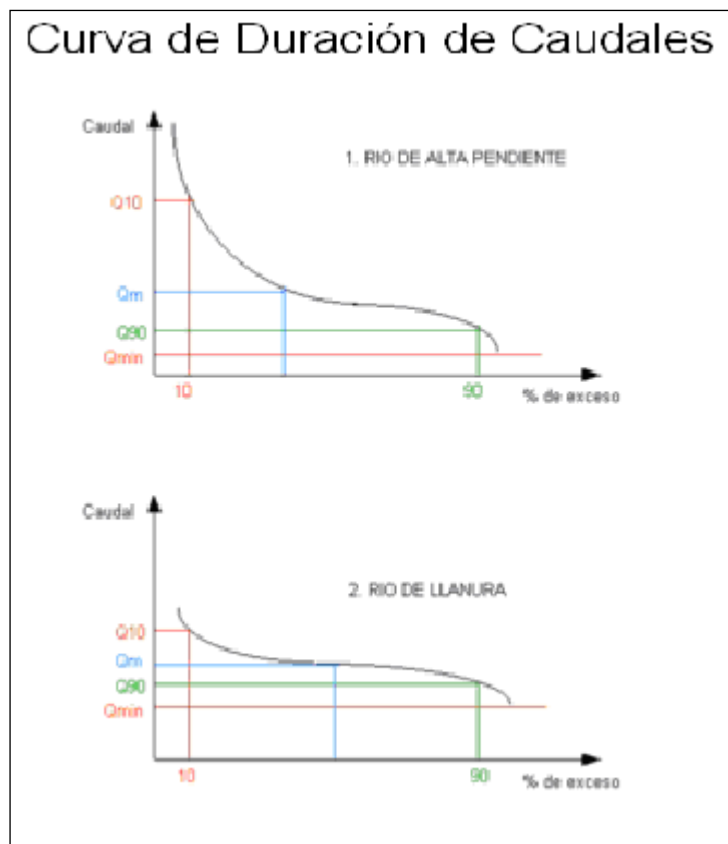


Figura 11 Curvas de duración de caudales (Tomado de Penche 1998)

En el caso de este estudio como se ha mencionado no se cuenta con un registro de caudales de la cuenca sin embargo según Penche (1998) es posible emplear los registros de una cuenca vecina, determinar la curva de duración de caudales y correlacionarla con la cuenca en estudio.

El primer paso es hacer algunas mediciones de caudal en el sitio de interés. Sólo se necesitan aproximadamente diez o doce mediciones, realizadas en momentos diferentes durante el año, tomando al azar los intervalos. Bastante a menudo se sabrá de antemano que el caudal es suficiente para el aprovechamiento hidroeléctrico propuesto durante la parte lluviosa del año, y el único periodo crítico que necesita una predicción de caudales cuidadosa es la estación seca. En este caso se podría tomar de seis a diez medidas distribuidas al azar a intervalos en el periodo seco.

Habiendo obtenido dos juegos de lecturas, uno para cada río o arroyo, se busca el caudal del sitio calibrado en cada uno de los días que se obtuvieron mediciones en el arroyo propuesto. En un gráfico de caudales del sitio estudiado versus sus caudales que se tienen los registros, se trazan los pares de puntos de los datos. Habrá una correlación entre la mayoría de estos puntos, que puede ser una recta o puede ser una curva plana que se dibuja a través de este laberinto de puntos tratando que la mayoría de los puntos estén relativamente cercanos esta curva.

A menudo hay una variación pequeña, en la estación seca, en las lecturas de caudal entre las áreas de la cuenca, considerando que los caudales de la estación húmeda pueden ser afectados por lluvias súbitas y variaciones del día que son diferentes para cada cuenca. Por consiguiente, una curva estará más cercana a los puntos de los datos asociados con caudales bajos que con aquellos asociados con caudales altos.

De la CDC del río calibrado, se seleccionan el caudal en varios valores de excedencia, y se encuentra el caudal correspondiente al sitio estudiado, de la curva anterior, y finalmente se traza la CDC para el sitio de estudio.

7. Diseño metodológico

7.1. Caracterización de la cuenca de estudio

A. Localización de la cuenca y ubicación del punto de interés

La cuenca esta situada en la centro y sur oeste del departamento de León. Esta se ubica entre las coordenadas $12^{\circ}23'26.69''$ y $12^{\circ}27'10.08''$ latitud norte y $86^{\circ}57'55.60''$ y $86^{\circ}45'16.89''$.

El punto de cierre de la subcuenca o punto de interés esta ubicado a 300 m sureste del km 10 carretera León Poneloya, en donde anteriormente estuvo el sistema de presa de la antigua central, sus coordenadas son $12^{\circ}23'26.69''$ latitud norte y $86^{\circ}57'55.60''$.

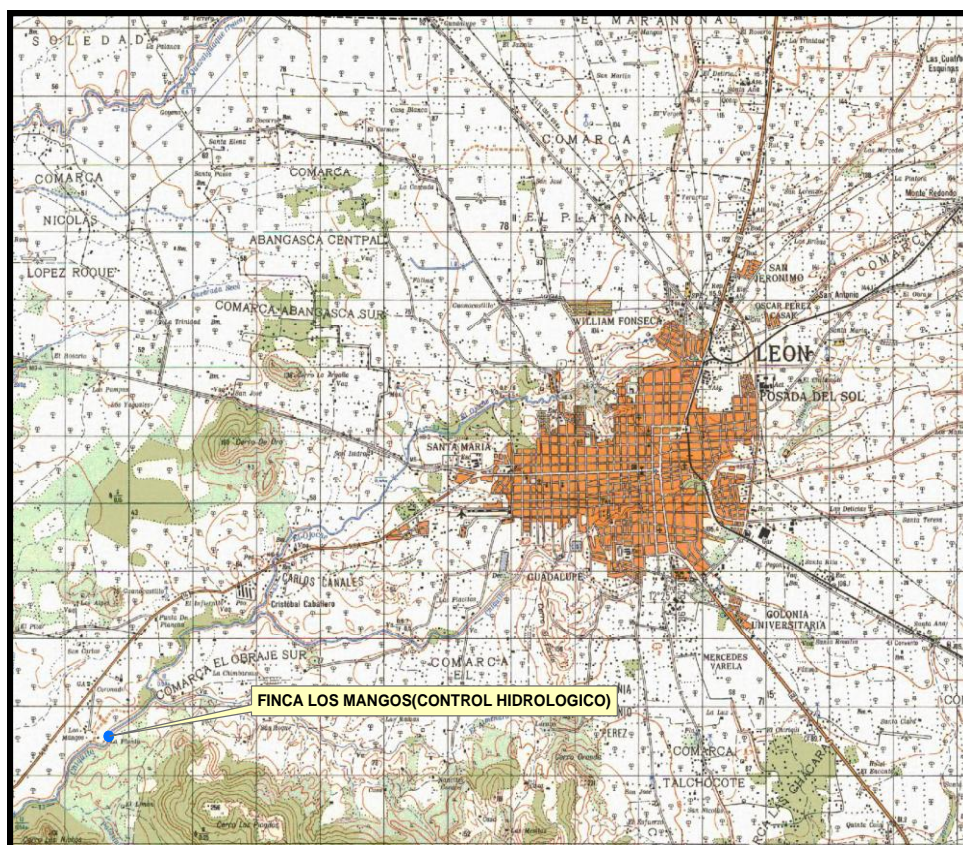


Figura 12 Localización del punto de estudio (Tomado del mapa topográfico de León esc. 1:50000)

C. Características morfológicas de la cuenca

La cuenca del río chiquito de León pertenece a la cuenca numero 64 esta drena sus aguas en el Océano Pacífico. Esta tiene una superficie de 120.4 Km². El perímetro de la cuenca es de 65.2 Km, el cause principal es de 29.06 km. La altura máxima de la cuenca es de 300 msnm y la altura mínima es de 10 msnm en el punto de cierre con una pendiente media de 5.65%.

D. Características físicas de la cuenca

a. Forma de la cuenca

Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (Kc)

$$K_C = 0.28P/(120.75)^{1/2} = 1.66Km / Km$$

Factor de forma (Kf)

$$K_f = 120.75/(29.06)^2 = 0.15Km^2 / Km^2$$

b. Sistema de drenaje: El orden de las corrientes es de 3.

c. Densidad de drenaje

$$D_d = \frac{103.65}{120.75} = 0.86Km / Km^2$$

d. Sinuosidad de las corrientes de agua

$$s = \frac{29.06}{26.22} = 1.07Km / Km$$

e. Coeficiente de torrencialidad

$$CT = 3/120.75 = 0.025$$

F. Pendiente de la hoya

$$P = \frac{0.02 \times 340.91 \times 100}{120.75} = 5.65\%$$

7.2 Metodología de cálculo del Caudal máximo de la subcuenca del río Chiquito de León

7.2.1 Método Racional

A. Parámetros físicos de la cuenca

Estos se obtuvieron del mapa topográfico (ver anexos Mapa de cuenca hidrográfica Río Chiquito).

Parámetros	Datos
Área	120,75Km ²
Longitud de Cuenca	29,06 Km
Altura Máxima	300 msnm
Altura Mínima	10 msnm
Periodo de retorno	50 Años

B. Pendiente del terreno

La pendiente se calculó en función de las elevaciones y la distancia de flujo de la cuenca.

$$S_c = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} = \frac{300 - 10}{29060} = 0.0096 = 0.9\%$$

C. Coeficiente de escorrentía

Para determinó el coeficiente de escorrentía “C”, que representa el porcentaje de agua que se escurrirá y que depende de las condiciones del suelo haciendo uso de la tabla presentada por el departamento de drenaje pluvial de la alcaldía de Managua (ver tabla 3).

Parámetro	Clasificación	Coeficiente	
Uso de suelo	18%Bosques,72%Cultivos anuales,10% Zona Urbana	Us	0,13
Tipo de suelo	Franco, Franco arcilloso, Franco arenoso	Ts	1,25
Pendiente del terreno	5.65%	Pt	2,00
C = Us x Ts x Pt			0,32

Tabla 3 Cálculo del coeficiente de escorrentía (Elaboración Propia)

D. Tiempo de concentración

Se determinó mediante la ecuación de Basso:

$$t_c = 0.0041 \left[\frac{3.28L}{\sqrt{S_c}} \right]^{0.77} = 0.0041 \left[\frac{3.28 \times (29060)}{\sqrt{0.0096}} \right]^{0.77} = 167.09 \text{ min}$$

E. Intensidad de la lluvia

Se determinó la intensidad de la lluvia en función de un período de retorno de 50 años haciendo uso de la curva de Intensidad duración y frecuencia de la estación principal León la cual fue proporcionada por el departamento de meteorología de INETER.

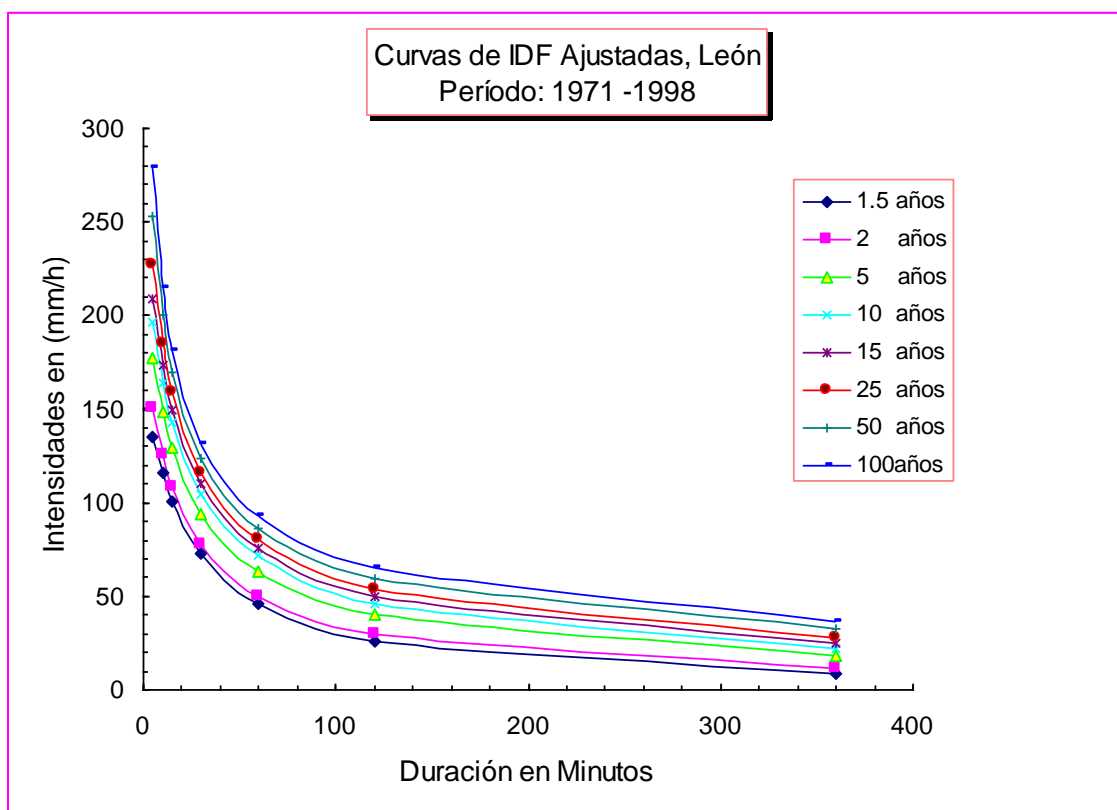


Gráfico 1 Curva IDF Estación León aeropuerto (Brindada por INETER)

$$I_{50} = 54.03 \text{ mm/h}$$

F. Caudal Máximo según el método racional

$$Q = 0.2778CIA = 0.2778 \times 0.32 \times 54.03 \times 120.75 = 588.22$$

G. Hidrograma obtenido para la subcuenca Río Chiquito León

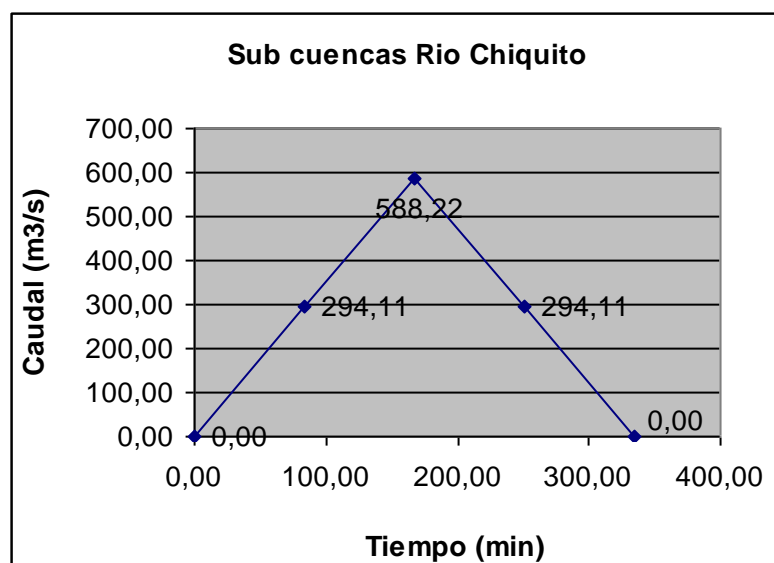


Gráfico 2 Hidrograma de la subcuenca Río Chiquito según el método racional (Elaboración Propia)

7.2.2 Caudal máximo por Transito de Avenida

Para la aplicación de este método se dividió la subcuenca en otras con menores áreas para determinar las aportaciones de caudales mediante el método racional (ver anexos Mapa de subcuencas hidrográficas Río Chiquito).

A. Subdivisión de cuenca

La cuenca se dividió en 10 subcuencas con áreas de aproximadamente 13 km² cumpliendo la restricción del método. Para la aplicación se determinaron los parámetros necesarios para el cálculo del plano geodésico (ver tabla 4 y el mapa de subcuencas en anexos).

Subcuenca	Área	Long de cuenca	Cauce	Altura Max	Altura Min
	Km ²	M	m	msnm	msnm
1	2	3	4	5	6
1	12.88	10600	4700	300	150
2	12.08	7050	5940	180	110
3	11.72	6820	4470	130	50
4	14.56	7470	3390	90	20
5	10.23	13360	4890	280	100
6	12.06	10960	6130	190	60
7	13.51	7780	6130	150	60
8	8.62	6170	3390	80	20
9	12.06	5580	4330	160	40
10	13.03	6520	6520	198	10
Suma	120.75				

Tabla 4 Parámetros físicos de las sub cuencas (Tomados del plano geodésico)

B. Cálculos de los aportes de las subcuencas mediante el método racional

Para el cálculo se aplicó la metodología antes descrita obteniendo los resultados de la tabla 5:

Sub	Area	Long	Hmax	Hmin	Sc		Tc	I	Coeficiente de escorrentía				Q
Cuenca	Km ²	m	m	m	m/m	%	Min	mm/h	Us	Ts	Pt	C	m ³ /s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	12.88	10600	300	150	0.014	1.42	66.29	83.58	0.08	1.25	2.00	0.21	62.61
2	12.08	7050	180	110	0.010	0.99	55.50	91.95	0.12	1.25	1.00	0.15	45.71
3	11.72	6820	130	50	0.012	1.17	50.74	97.79	0.21	1.25	1.50	0.40	127.56
4	14.56	7470	90	20	0.009	0.94	59.34	87.23	0.14	1.25	1.50	0.26	91.54
5	10.23	13360	280	100	0.013	1.35	80.73	77.08	0.08	1.25	2.00	0.21	45.55
6	12.06	10960	190	60	0.012	1.19	72.80	80.65	0.27	1.25	1.50	0.51	137.77
7	13.51	7780	150	60	0.012	1.16	56.46	90.77	0.13	1.25	1.00	0.17	57.25
8	8.62	6170	80	20	0.010	0.97	50.49	98.10	0.10	1.25	1.50	0.19	44.05
9	12.06	5580	160	40	0.022	2.15	34.43	117.83	0.05	1.25	2.50	0.15	61.15
10	13.03	6520	198	10	0.029	2.88	34.67	117.53	0.09	1.25	2.00	0.22	95.61
Suma	120.75												

Tabla 5 Cálculo de caudales de las sub cuencas (Elaboración Propia)

C. Hidrogramas Triangulares sintéticos

Una vez con estos resultados fue posible construir los Hidrogramas sintéticos, teniendo como pico de cada Hidrograma el caudal calculado para la cuenca. En este momento se considera que toda la sub cuenca esta aportando, el cual es el tiempo de concentración. Para el tiempo $t=0$ y el doble del t_c los valores de caudales son iguales a cero.

Hidrogramas Triangulares:

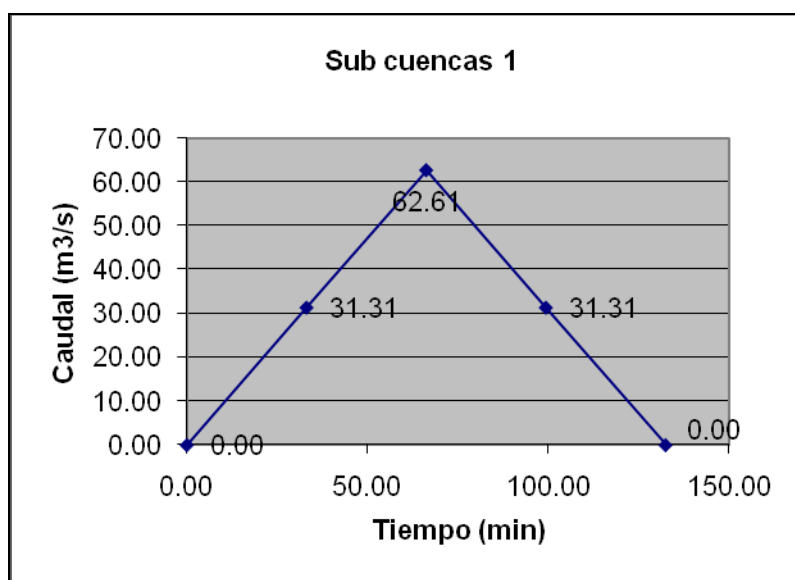


Gráfico 3 Hidrograma de la sub cuenca 1 (Elaboración Propia)

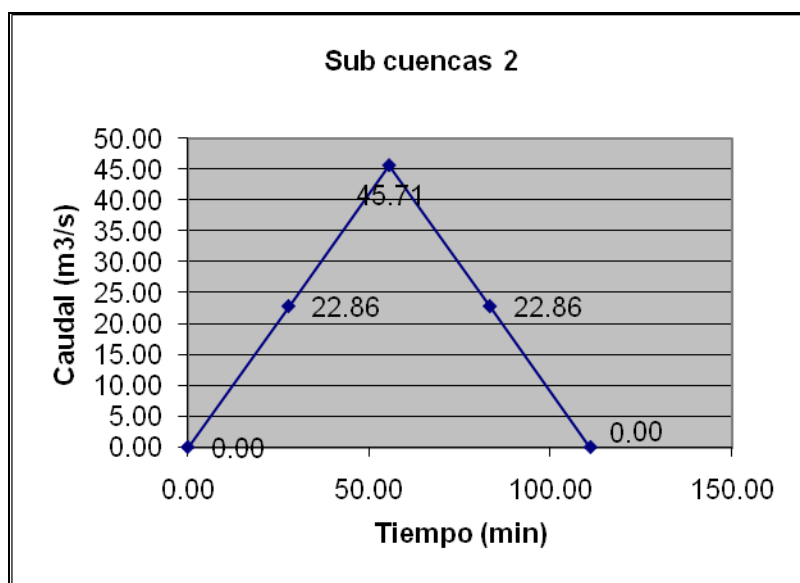


Gráfico 4 Hidrograma de la sub cuenca 2 (Elaboración Propia)

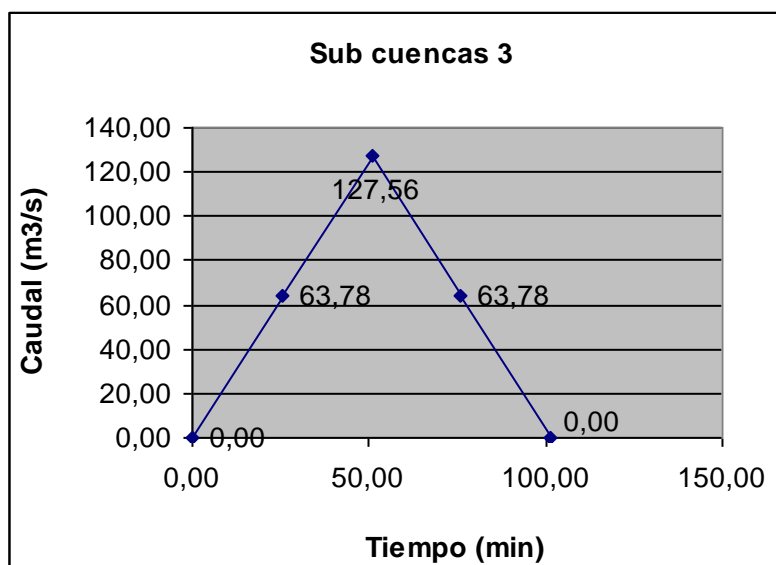


Gráfico 5 Hidrograma de la sub cuenca 3 (Elaboración Propia)

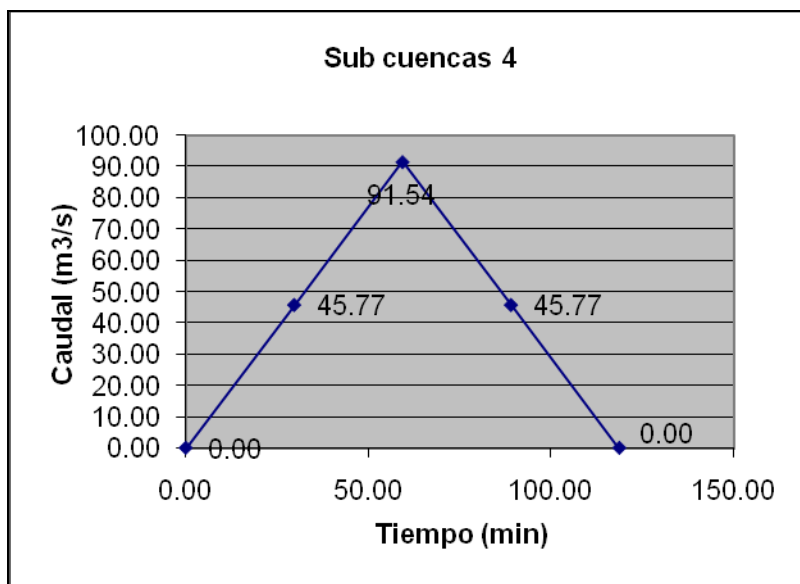


Gráfico 6 Hidrograma de la sub cuenca 4 (Elaboración Propia)

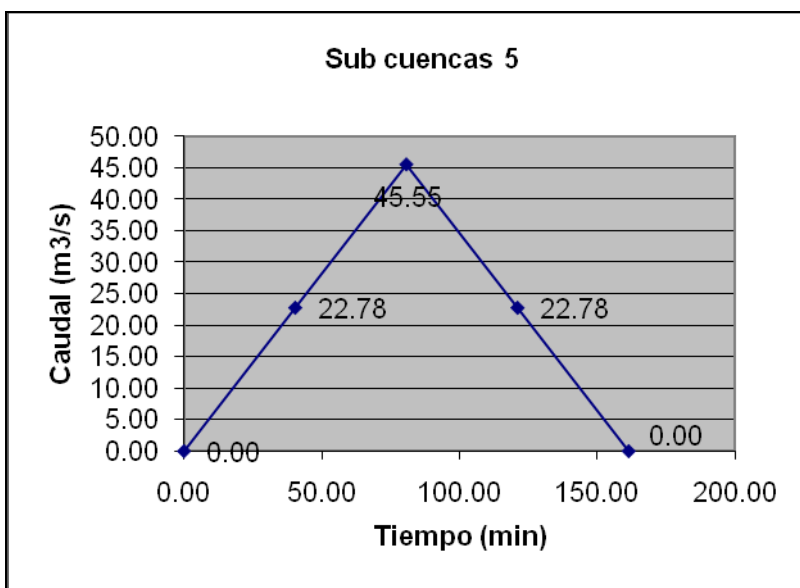


Gráfico 7 Hidrograma de la sub cuenca 5 (Elaboración Propia)

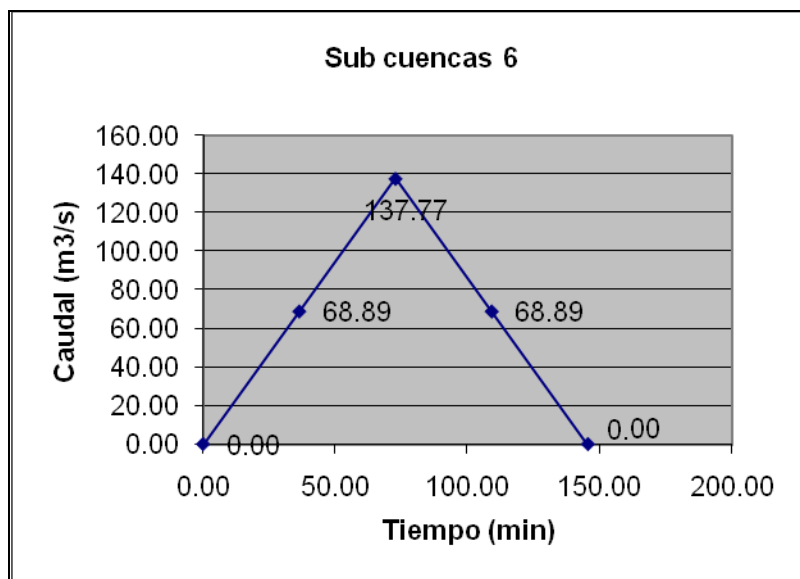


Gráfico 8 Hidrograma de la sub cuenca 6 (Elaboración Propia)

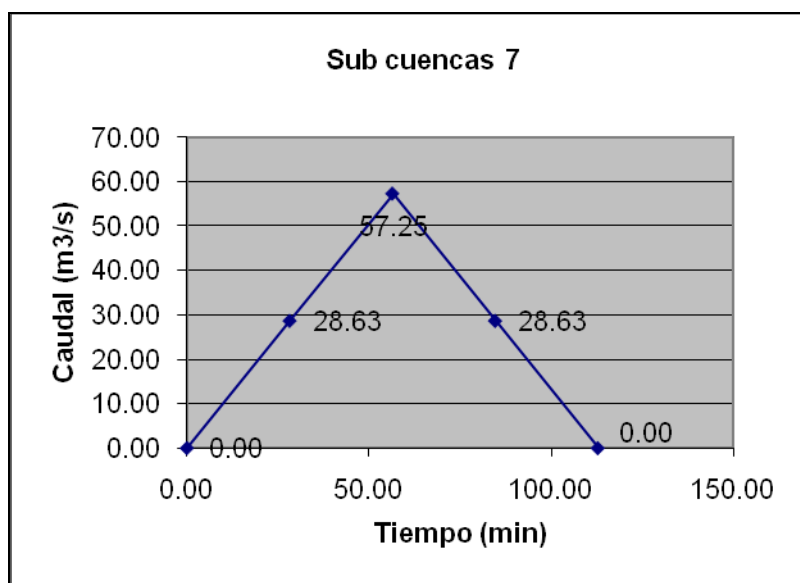


Gráfico 9 Hidrograma de la sub cuenca 7 (Elaboración Propia)

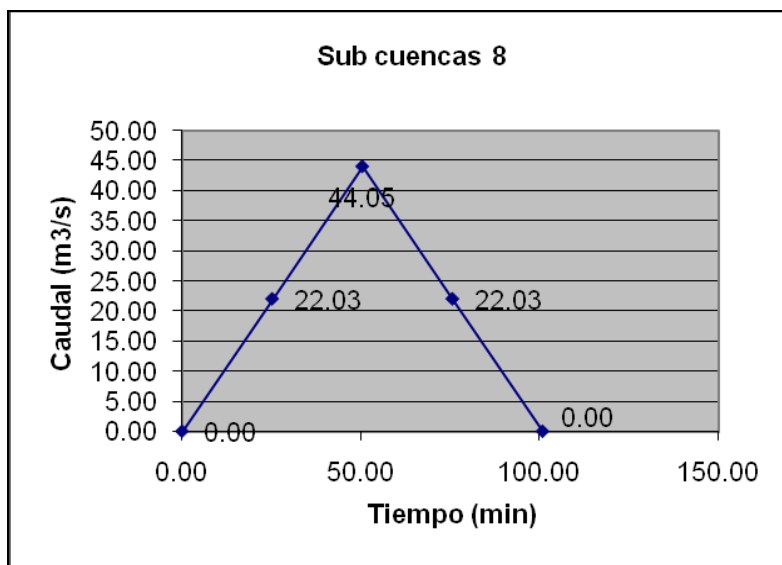


Gráfico 10 Hidrograma de la sub cuenca 8 (Elaboración Propia)

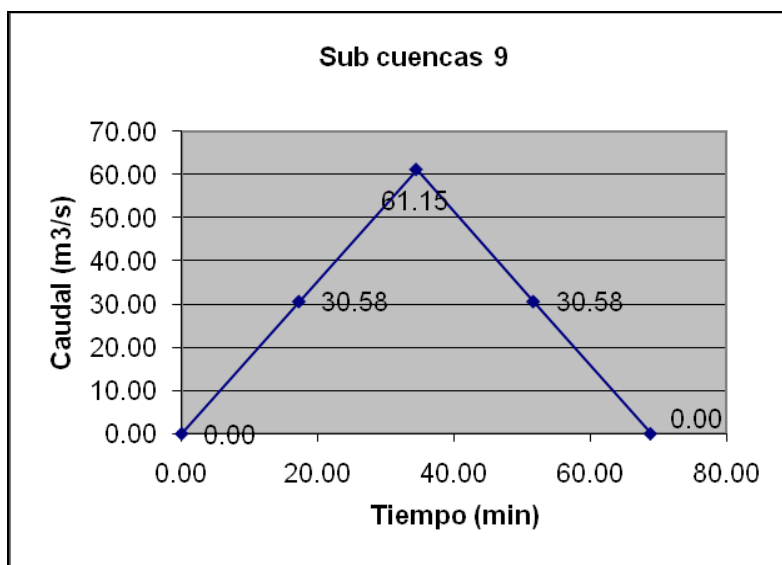


Gráfico 11 Hidrograma de la sub cuenca 9 (Elaboración Propia)

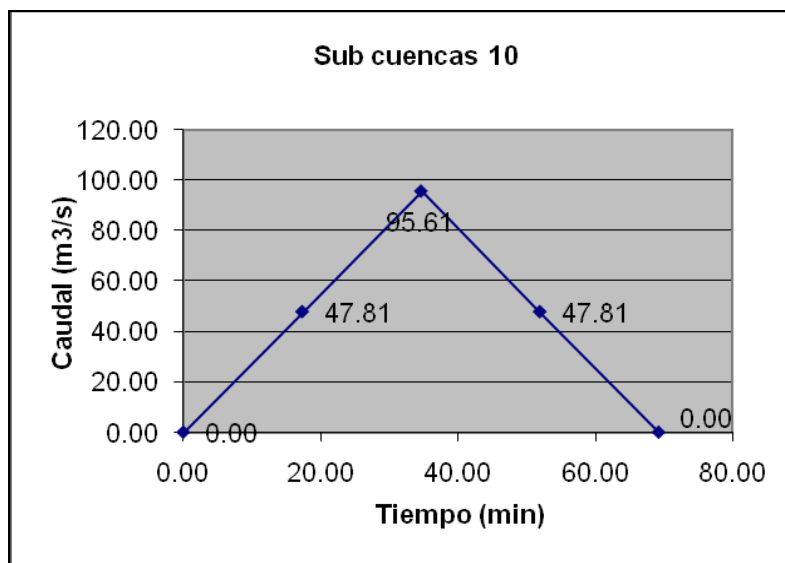


Gráfico 12 Hidrograma de la sub cuenca 10 (Elaboración Propia)

D. Calculo de los parámetros de transito para las subcuencas

Los parámetros se calcularon mediante Microsoft Excel y se presenta en la tabla 6. Para fin de comprensión de la metodología se explicaran a continuación los cálculos realizado para el punto de control P6.

El punto de control P6 esta ubicado en los cierres de la subcuenca SC6 y SC7, estas aportan sus caudales directamente, en cambio la subcuenca SC5 aporta su caudal al la parte alta de la cuenca SC6, por lo tanto es necesario su transito.

a. Velocidad de transito (V_t)

El transito a realizar es del punto de control P5 a P6, por lo tanto la velocidad de transito es la media aritmética de las velocidades de flujo de todas las cuencas y tránsitos de cuencas que converjan en el punto P5, este caso solo va velocidad de flujo de la cuenca SC5. (Ver datos de tabla 5 y los resultados en tabla 6)

$$V_t = V_{SC5} = \frac{13360}{80.73} = 165.49 \text{ m/min}$$

b. Longitud de transito (Lt)

Las longitudes se obtuvieron de las hojas topográficas digitalizadas de la zona empleando el software Arcview. Datos que se pueden observar en la tabla 4 en la columna 4.

c. Tiempo de retardo (K)

$$K = \frac{4890}{165.49} = 29.55 \text{ min}$$

Ver resultados en la tabla 6.

d. Tiempo de Hidrograma a Transitar (t)

El tiempo del Hidrograma a transitar no es más que el 50% del tiempo pico del Hidrograma a transitar.

$$t = \frac{80.73}{2} = 40.37 \text{ min}$$

e. Coeficiente de rugosidad (C)

Para; $K=29.55\text{min}$; $t=40.37$; $X=0.20$

$$C_0 = -\frac{(29.55 \times 0.20 - 0.5 \times 40.37)}{29.55 - 29.55 \times 0.20 + 0.5 \times 40.37} = 0.33$$

$$C_1 = \frac{(29.55 \times 0.20 + 0.5 \times 40.37)}{29.55 - 29.55 \times 0.20 + 0.5 \times 40.37} = 0.60$$

$$C_2 = \frac{(29.55 - 29.55 \times 0.20 - 0.5 \times 40.37)}{29.55 - 29.55 \times 0.20 + 0.5 \times 40.37} = 0.07$$

$$C_0 + C_1 + C_2 = 1$$

$$0.33 + 0.60 + 0.07 = 1$$

Calculo de los Parámetros del Transito													
Nº	SUB	DE	A	Vcuenca	Vtransito	Ltransito	K	t	X	CO	C1	C2	Σ
	CUENCA			m/min	m/min	M	min	min					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		1	2										
1	Vsc1			159.90									
2	Vsc(1-2)				159.90	4700.00	29.39	33.15	0.20	0.27	0.56	0.17	1
		2	3										
	Vsc(1-2)			159.90									
2	Vsc2			127.03									
3	Vsc(2-3)				143.47	5940.00	41.40	27.75	0.20	0.12	0.47	0.41	1
		3	4										
	Vsc(2-3)			143.47									
3	Vsc3			134.41									
4	Vsc(3-8.3)				138.94	4470.00	32.17	25.37	0.20	0.16	0.50	0.34	1
		5	6										
5	Vsc5			165.49									
6	Vsc(5-6)				165.49	4890.00	29.55	40.37	0.20	0.33	0.60	0.08	1
		6	8										
	Vsc(5-6)			165.49									
6	Vsc6			150.55									
7	Vsc7			137.80									
8	Vsc(6-8.6)				151.28	6130.00	40.52	25.25	0.20	0.10	0.46	0.44	1
		8	10										
	Vsc(3-8.3)			138.94									
	Vsc(6-8.6)			151.28									
8	Vsc8			122.20									
10	Vsc(8-10.8)				137.47	3390.00	24.66	38.05	0.20	0.36	0.62	0.02	1
		9	10										
9	Vsc9			162.07									
10	Vsc(9-10.9)				162.07	4330.00	26.72	17.22	0.20	0.11	0.47	0.43	10

Tabla 6 Parámetros de tránsito (Elaboración Propia)

E. Transito de Hidrograma

Los cálculos se también se realizaron es Excel y la memoria se presenta en anexos. Para comprensión se explicará la metodología empleada para determina el caudal en el punto de control P6. Este punto recibe aportaciones de caudal de las cuencas 5, 6 y 7. La cuenca 5 desemboca en la cuenca 6 por lo tanto es necesario transitar el hidrograma de la cuenca 5. En el caso de las cuencas 6 y 7 no es necesario ya que esta desemboca directamente en el punto P6 (ver figura13).

Transito del hidrograma de la subcuenca 5 de P5 a P6:

a) Primero se determinan los caudales de entrada y salida en un instante antes y al momento del transito: para $t = 40.37$ min. (momento del transito), se tiene $I_2 = 22.78 \text{ m}^3/\text{s}$, y para $t = 0.0$ min. (un instante antes del transito), se obtiene $I_1 = 0.00 \text{ m}^3/\text{s}$, $O_1 = O_2 = 0.00 \text{ m}^3/\text{s}$ (ver Hidrograma Sintético).

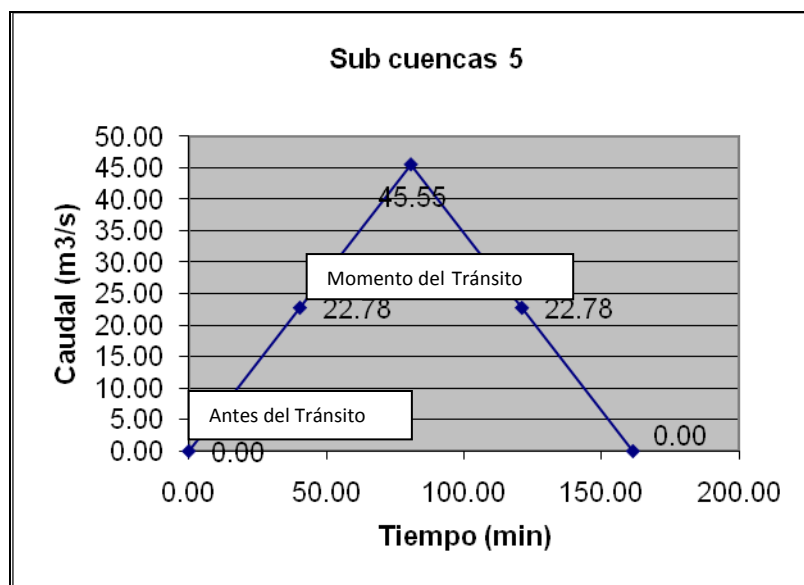


Gráfico 13 Hidrograma de la sub cuenca 5 (Elaboración Propia)

Entonces:

$$C_0 \times I_2 = 0.33 \times 22.78 = 7.42$$

$$C_1 \times I_1 = 0.60 \times 0 = 0$$

$$C_2 \times O_1 = 0.07 \times 0 = 0$$

Aplicando la ecuación del tránsito se obtiene:

$$O_2 = C_0 \times I_2 + C_1 \times I_1 + C_2 \times O_1 = 7.42 \text{ m}^3/\text{s}$$

b) Los caudales de entrada y salida en un instante antes del tránsito y en el momento del tránsito para $t=80.74$ son: $I_1 = 22.78 \text{ m}^3/\text{s}$, $I_2 = 45.55 \text{ m}^3/\text{s}$ y $O_1 = 7.42 \text{ m}^3/\text{s}$

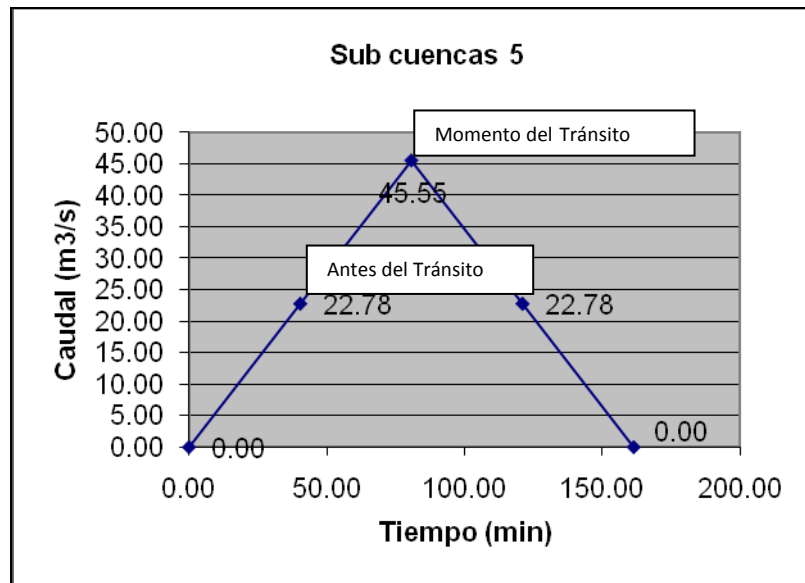


Gráfico 14 Hidrograma de la sub cuenca 5 (Elaboración Propia)

Entonces:

$$C_0 \times I_2 = 0.33 \times 45.55 = 14.84$$

$$C_1 \times I_1 = 0.60 \times 22.78 = 13.56$$

$$C_2 \times O_1 = 0.07 \times 7.42 = 0.58$$

Aplicando la ecuación del tránsito se obtiene:

$$O_2 = C_0 \times I_2 + C_1 \times I_1 + C_2 \times O_1 = 28.98 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se prosigue esta secuencia hasta finalizar el tránsito, que es cuando $O_1 = 0$. El resultado se presenta en la tabla 7.

Hidrograma de transición del punto P5 transitado al P6							
K	C0	C1	C2	T		Tramo de parámetros	
29.55	0.33	0.60	0.08	40.37		5	6
1	2	3	4	5	6	7	8
T (min)	$C_0 \times I_2$	$C_1 \times I_1$	$C_2 \times O_1$	I_1	O_1	I_2	O_2
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40.37	7.42	0.00	0.00	0.00	0.00	22.78	7.42
80.74	14.84	13.56	0.58	22.78	7.42	45.55	28.98
121.11	7.42	27.12	2.28	45.55	28.98	22.78	36.83
161.48	0.00	13.56	2.90	22.78	36.83	0.00	16.46
201.85	0.00	0.00	1.30	0.00	16.46	0.00	1.30
242.22	0.00	0.00	0.10	0.00	1.30	0.00	0.10
282.59	0.00	0.00	0.01	0.00	0.10	0.00	0.01
322.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00

Tabla 7 Transición del hidrograma SC5 a P6 (Elaboración Propia)

c) Se grafica el hidrograma transitado, para observar el comportamiento de los caudales transitados en el tiempo, obtenido como caudal máximo del tránsito de SC5 en el punto P6 de $36.83 \text{ m}^3/\text{s}$.

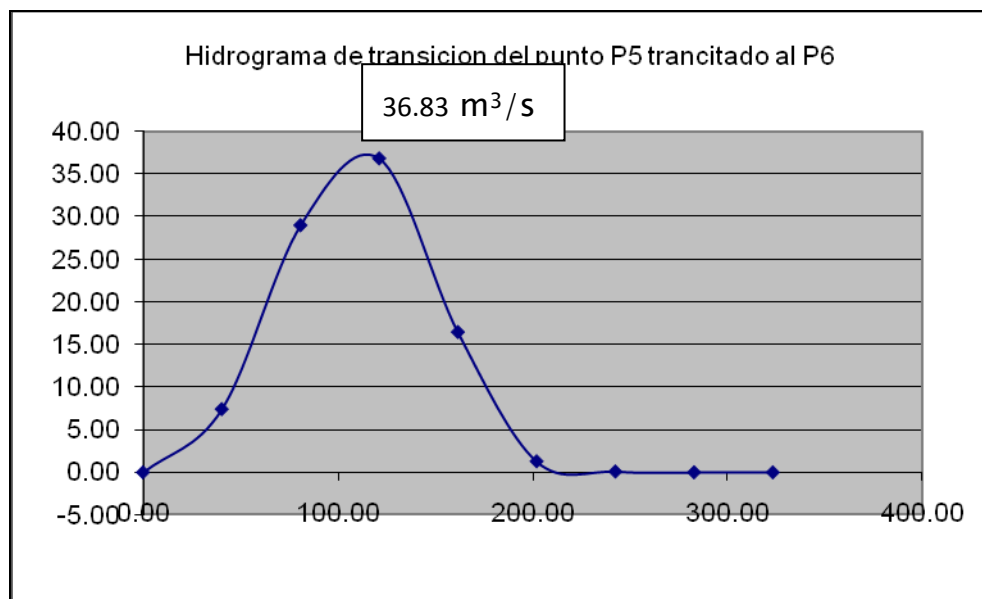


Gráfico 15 Hidrograma de SC5 transitado a P6 (Elaboración Propia)

d) Se suma el hidrograma transitado de la subcuenca 5 y los hidrogramas sintéticos de las subcuencas 6 y 7 que aportan directamente al punto de control P6 (ver tabla 8). Los valores de caudales de un hidrograma que no corres a los tiempos de otro fueron generados por extrapolación.

Hidrograma Suma en punto de cierre P6				
t	HT-P5P6	HTS-SC6	HTS-SC7	Suma
min	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1	2	3	4	5
0	0.00	0.00	0.00	0.00
28.23	5.19	53.42	28.63	87.24
36.4	6.69	68.89	36.91	112.49
40.37	7.42	76.40	40.94	124.76
56.46	16.01	106.85	57.25	180.11
72.8	24.74	137.77	40.68	203.19
80.74	28.98	122.75	32.63	184.36
84.69	29.75	115.27	28.63	173.65
109.2	34.51	68.89	3.77	107.17
112.92	35.23	63.99	0.00	99.22
121.11	36.83	53.20	0.00	90.02
145.6	16.46	20.93	0.00	37.39
161.48	1.30	0.00	0.00	1.30
201.85	0.10	0.00	0.00	0.10
242.22	0.01	0.00	0.00	0.01
282.59	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 8 Hidrograma suma en P6 (Elaboración Propia)

e) Se grafica el hidrograma suma, para observar el comportamiento de los caudales en el punto de control P6, obteniendo un caudal máximo probable de 203.19 m³/s en un tiempo de 72.8 minutos (figura 26).

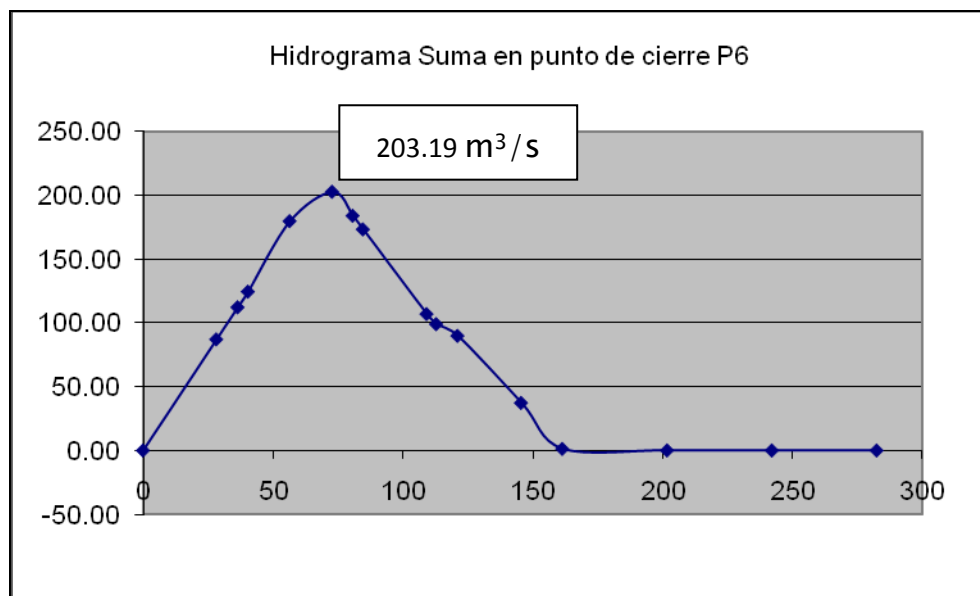


Gráfico 16 Hidrograma suma en el punto P6 (Elaboración Propia)

Se prosigue la secuencia para el desarrollo de método, con base en la división de subcuencas mostrada en anexos en el mapa de subcuencas hidrográficas, hasta obtener el hidrograma en el punto de cierre P10, que se muestra en el gráfico 16:

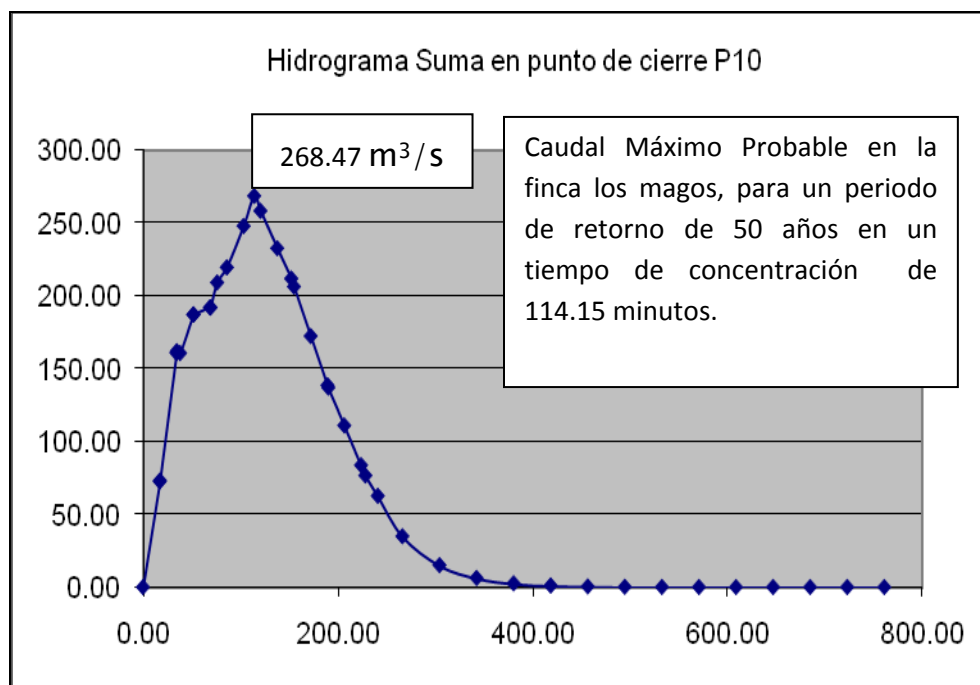


Gráfico 17 Hidrograma suma del punto de estudio (Elaboración Propia)

7.3 Metodología de cálculo del Caudal medios de la subcuenca del río Chiquito de León

7.3.1 Correlación de estaciones

Para la aplicación de este método se selecciono como estación hidrométrica base Ceilán en el Río Atoya, ya que cumple con los criterios de selección para una buena aproximación los cuales son: misma zona, orientación de drenaje, distancia del mar, aproximada elevación media de cuenca. Esta estación cuenta con un registro de datos de 30 años que van desde 1971 a 2000, los cuales fueron rellenos y corregidos mediante un estudio de consistencia por el área de pronósticos y alertas temprana del departamento de hidrología superficial de INETER (ver Anexos tabla A1).

También se hizo una revisión de las estaciones pluviométricas con área de influencia en las subcuencas del río Atoya en Ceilán y el río Chiquito en los mangos. De las cuales se seleccionaron la que contaban con información de por lo menos 10 años (ver tabla 9). Los datos de precipitación media fueron brindados por el departamento de meteorología de INETER (Ver anexos Tabla A2).

Río Atoya		
Estación	Código	Tabla Anexo
Chinandega	64018	A1a
Ingenio Monte Rosa	64036	A1b
Holanda	64014	A1c
Hacienda El Paraíso	60003	A1d
Bálsamos	64008	A1e
Río Chiquito		
Estación	Código	Tabla Anexo
León	64006	A1e
León (aeropuerto)	64043	A1g
San Jacinto	60021	A1h

Tabla 9 Estaciones pluviométricas empleadas (Elaboración Propia)

Parámetros para el cálculo de caudales medios por el método de correlación:

A. Precipitación media de las cuencas

Los cálculos para relleno y extensión de datos pluviométricos y análisis de consistencia se realizaron empleando Microsoft Excel, para presentación de la metodología se explicaran los cálculos realizados para la estación León (64006).

a. Relleno y extensión de datos pluviométricos por correlación:

Como estación base se seleccionó León (aeropuerto), ya que es la más cercana y pertenece al mismo régimen de lluvias que la estación de León según las curvas isoyetas anuales que presenta INETER.

Para el cálculo de la correlación por regresión lineal se tomaron todos los datos de meses conocidos para ambas estaciones, los cuales se presentan en anexos en la tabla A3.

Una vez seleccionadas las series de datos a emplear se calcularon los parámetros de regresión: $\sum x$, $\sum x^2$, $\sum xy$, $\sum y$, $\sum y^2$, N (ver anexos tabla A4). Donde X es la serie de datos León y Y es la serie de datos León Aeropuerto (Ver resumen en tabla 10).

Correlación					
$\sum x$	$\sum x^2$	$\sum xy$	$\sum y$	$\sum y^2$	N
22429.20	7245644.88	8807099.97	29303.00	12109628.88	239

Tabla 10 Correlación entre estaciones (Elaboración Propia)

Calculo de ecuación de correlación León-León aeropuerto:

$$b = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} = \frac{239(8807099.97) - (22429.20)(29303)}{239(7245644.88) - (22429.20)^2} = 1.18$$

$$xm_i = \frac{\sum x_i}{N_1} = \frac{22429.20}{239} = 93.85$$

$$ym_i = \frac{\sum y_i}{N_1} = \frac{29303}{239} = 122.61$$

$$a = 122.61 - 1.18(93.85) = 12.03$$

$$r = \frac{N_1 \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{(N_1 \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(N_1 \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

$$r = \frac{239(8807099.97) - (22429.20)(29303)}{\sqrt{[239(7245644.88) - (22429.20)^2][239(12109628.88) - (29303)^2]}} = 0.92$$

R > 0.70 por lo tanto se acepta la ecuación

Ecuación de correlación:

$$Y = 1.18X + 12.03$$

Con la ecuación determinada se procedió a rellenar la serie de datos de León sustituyendo los valores conocidos de la serie León aeropuerto.

Esta ecuación se despejó para de este modo también calcular los valores faltantes de la estación León aeropuerto. De esta manera se rellenaron todas las estaciones en estudio con un periodo de 30 años desde 1970 a 2000. Los resultados se presentan en anexos en la tabla A15.

b. Análisis de consistencia por el método de doble masa

El análisis de consistencia se realizó en dos grupos, estaciones del río Atoya y las estaciones del río Chiquito. Los cálculos también fueron realizados en Microsoft Excel, para explicación de la metodología se presentará el análisis para las estaciones del río Chiquito y específicamente con la estación León por ser la única estación que presentó inconsistencias en su serie de datos.

Para la revisión por doble masa se usaron los acumulados de las precipitaciones anuales totales, obtenidos de las precipitaciones mensuales rellenadas (ver anexos tabla A6).

Una vez conociendo los acumulados de las estaciones, estas se compararon con el acumulado promedio (ver grafica 17), determinado como estación base para el análisis la estación León aeropuerto ya que es la que presenta menos quiebres.

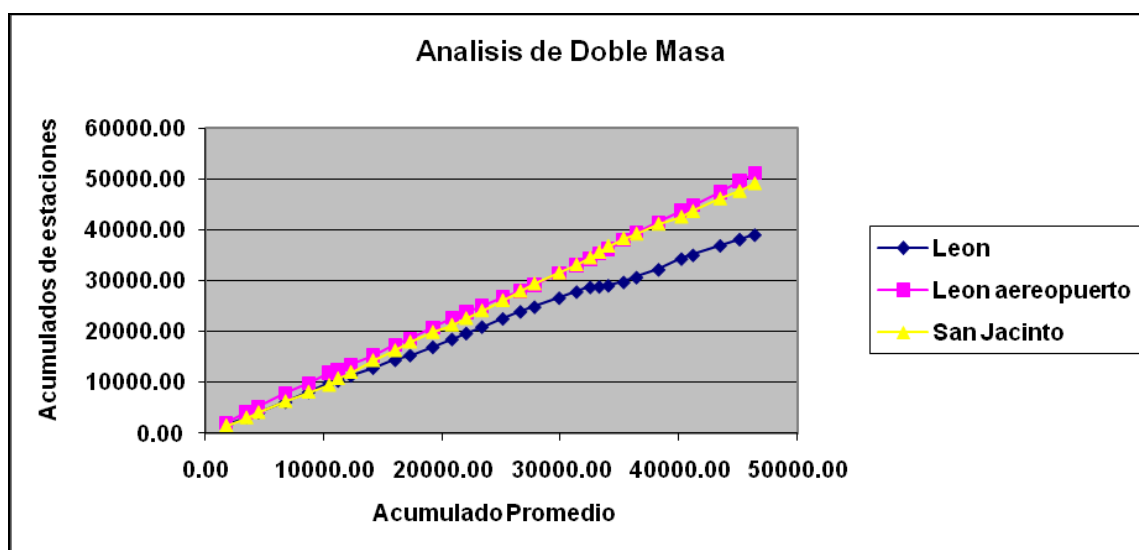


Gráfico 18 Diagrama de doble masa las estaciones de la cuenca de Río Chiquito (Elaboración Propia)

Luego se comparó la estación León con la estación base (ver gráfico 18).

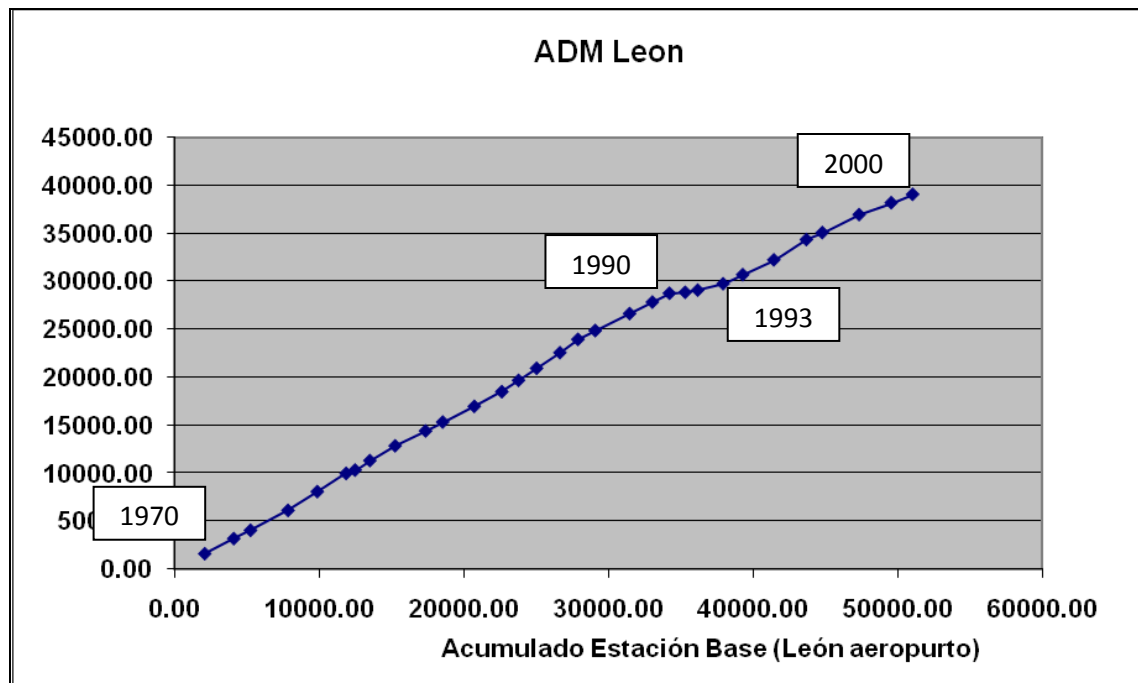


Gráfico 19 Diagrama de doble masa de la estación León
(Elaboración Propia)

Debido a que en el gráfico de doble masa de León-León Aeropuerto (gráfico 18) se observaron quiebres pronunciados, se revisó la serie de datos anuales de la estación de León por el método de salto.

Para la primera revisión de la serie León se seleccionó como primer submuestra el periodo 1970-1990 y como segunda muestra el periodo 1991-1993.

Se calculó la media y la desviación estándar para cada periodo según sus ecuaciones:

$$xm_1 = \frac{\sum x_i}{n_1} \quad ; \quad S_{1(x)} = \sqrt{\frac{1}{n_1 - 1} \left[\sum_{i=1}^{n_1} (x_i - xm_1)^2 \right]}$$

Los resultados se presentan en la tabla 11.

Estación León			
Nº	Año	Prec. Anual	(Xi-Xm)2
1	1970	1650.60	78870.02
2	1971	1576.20	42616.68
3	1972	859.40	260469.30
4	1973	2077.50	500893.18
5	1974	1955.20	342737.74
6	1975	1896.80	277769.13
7	1976	339.10	1062264.01
8	1977	994.40	140896.58
9	1978	1535.70	27535.44
10	1979	1550.20	32558.78
11	1980	922.07	200425.37
12	1981	1633.71	69666.47
13	1982	1531.13	26038.36
14	1983	1177.20	37080.10
15	1984	1258.10	12468.39
16	1985	1621.60	63422.42
17	1986	1383.90	199.89
18	1987	918.79	203376.58
19	1988	1766.83	157663.85
20	1989	1198.76	29241.66
21	1990	917.81	204257.83
Media (Xm)	1369.76	Var. Estándar(S)	434.19
1	1991	102.70	52212.25
2	1992	228.80	10485.76
3	1993	662.10	109494.81
Media (Xm)	331.20	Var. Estándar(S)	293.42

Tabla 11 Cálculo de la media y la variación estándar de la estación León
(Elaboración Propia)

Con estos valores se realizaron los cálculos por medio de la comprobación de hipótesis para determinar si la media y la variación estándar son estadísticamente iguales

Consistencia de la media

- Desviación Ponderada (S_p):

$$S_p = \left[\frac{(21-1)(434.19)^2 + (3-1)(293.42)^2}{21+3-2} \right]^{1/2} = 423.33$$

- Desviación de la diferencia de los promedios (S_d):

$$S_d = 423.33 \left[\frac{1}{21} + \frac{1}{3} \right]^{1/2} = 261.287$$

- Cálculo de t calculando (t_c) según:

$$t_c = \frac{(xm_1 - xm_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_d}$$

Donde $\mu_1 - \mu_2 = 0$ (por hipótesis, la hipótesis es que las medias son iguales), quedando:

$$t_c = \frac{(1369.76 - 331.20)}{261.287} = 3.974$$

- Cálculo del t tabular t_t :

El valor critico de t se obtiene de la tabla t de Student con una probabilidad al 95%, o con un nivel de significación del 5%, es decir con $\alpha/2 = 0.025$ y con grados de libertad $v = n_1 + n_2 - 2 = 22$ (ver anexos tabla A18).

$$t_t = 2.074$$

- Comparación de t_c con t_t :

$$t_c > t_t$$

Si $|t_c|$ mayor que t_t (95%): $X_{m1} \neq X_{m2}$ (Estadísticamente)

Se debe corregir la información

Consistencia de la desviación estándar

El análisis estadístico consiste en probar con la prueba F, si los valores de las desviaciones estándar de las submuestras son estadísticamente iguales con un 95% de probabilidad o con un 5% de significación, de la siguiente forma:

- Cálculo de la varianza de ambos periodos:

$$S_{1(x)}^2 = 188522.588$$

$$S_{2(x)}^2 = 86094.41$$

- Cálculo del F calculando (F_c) según:

$$F_c = \frac{188522.588}{860.94.41}$$

Cálculo de F tabular (valor crítico de F o F_t), se obtiene de las tablas F de Student para una probabilidad del 95%, es decir, con nivel de significación $\alpha = 0.05$ y grado de libertad (ver anexos tabla A19):

$$G.L.N. = 21 - 1 = 20$$

$$G.L.D = 3 - 1 = 2$$

$$F_t = 19.4$$

- Comparación del F_c con el F_t :

$$F_t > F_c$$

Si F_c menor que F_t (95%): $S_1(x) = S_2(x)$ (Estadísticamente)

No se debe realizar proceso de correlación

Debido a que las medias son estadísticamente diferentes se realizaron correcciones en el periodo 2 mediante correlación:

$$X'_{1991} = \frac{102.70 - 136976}{434.19} \cdot 293.42 + 331.20 = 1031.64mm$$

$$X'_{1992} = \frac{228.8 - 136976}{434.19} \cdot 293.42 + 331.20 = 1218.24mm$$

$$X'_{1993} = \frac{662.1 - 136976}{434.19} \cdot 293.42 + 331.20 = 1859.41mm$$

Una vez corregida la serie se revisó nuevamente por doble masa resultando satisfactorio. Los resultados de la serie corregida de la estación León se presentan en anexos en la tabla A22, las demás series no necesitaron ninguna corrección por lo tanto son las mismas series rellenas que se presenta en la anexos tabla A15.

c. Cálculo de precipitación media

Para el cálculo de las precipitaciones medias de las cuencas de los Ríos Atoya y Chiquito se empleó el método de los polígonos de Thiessen debido a que el método de ponderados no brinda la suficiente precisión y las curvas Isoyetas existentes están en una escala grande con relación a la cuenca. Las estaciones de ambas cuencas están equidistantes unas de las otras a menos de 50 km cumpliendo satisfactoriamente las restricciones del método.

Para la aplicación se obtuvieron las áreas de influencia de las estaciones por medio del software Arcview (ver anexos), estas se presentan en las tablas 12.

Cuenca Río Chiquito	
Estación	Área de influencia
León	59.16
León (aero)	53.15
San Jacinto	8.43
Área Total	120.75

Tabla 12a Area

Cuenca Río Atoya	
Estación	Área de influencia
Chinandega	93.25
ING Monte Rosa	113.02
Holanda	21.15
Hac. El Paraíso	40.65
Bálsamos	52.23
Área Total	320.30

Tabla 12b

Área de influencia de las estaciones seleccionadas (Elaboración Propia)

De los series de precipitación antes rellenas y corregidas se obtuvieron las precipitaciones mensuales para un año promedio (ver tabla 13).

Precipitación media de año promedio de las estaciones de estudio:

Cuenca Río Atoya												
Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Chinandega	1.80	1.38	5.63	23.07	269.94	300.17	200.10	269.79	438.52	378.08	78.20	9.97
ING Monte Rosa	9.47	9.20	9.33	24.48	203.93	249.70	178.23	237.57	359.89	302.84	69.38	15.75
Holanda	3.60	2.25	6.28	19.04	272.27	304.07	184.57	277.00	442.53	358.46	75.54	9.40
Hac El Paraíso	20.30	21.07	21.74	35.76	208.42	253.49	180.67	236.50	380.77	301.66	77.32	26.49
Bálsamos	2.76	1.62	5.52	18.88	269.16	292.60	186.11	253.35	405.49	351.51	72.65	8.72

Tabla 13a

Cuenca Río Chiquito (mm)												
Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
León	2.57	1.78	3.70	15.06	183.67	171.91	108.57	167.02	328.67	283.21	82.58	10.94
León (aero)	4.13	2.36	4.28	19.21	230.11	220.12	116.64	194.16	426.69	326.65	94.18	8.74
San Jacinto	5.51	5.65	6.69	24.37	211.35	225.99	146.87	211.11	392.53	284.09	61.98	9.03

Tabla 13b

Precipitación media de las estaciones seleccionadas (Elaboración Propia)

Precipitación media de año promedio de las cuencas de estudio:

Con las áreas de influencia se le dio peso a los medios mensuales de las estaciones para obtener la precipitación media de la cuenca. (Ver tabla 14)

Precipitación media (mm)												
Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Atoya	7,13	6,73	9,00	24,23	238,87	275,46	186,61	251,99	398,32	336,20	73,90	13,87
Chiquito	3,46	2,31	4,16	17,54	206,05	196,91	114,80	182,04	376,28	302,39	86,25	9,84

Tabla 14 Precipitación media de las cuencas (Elaboración Propia)

Correlación de estaciones

Contando con los parámetros calculados anteriormente se determinaron los caudales mensuales medios y el caudal anual medio del Río Chiquito en el punto de cierre finca los mangos por el método de correlación de estaciones. A continuación se ejemplifica el cálculo del mes de enero:

$$Q = \frac{P}{P_b} \frac{A}{A_b} Q_b = \frac{3.46}{7.13} \times \frac{120.75}{320.30} \times 1.74 = 0.32 m^3 / s$$

Caudales media (m3/s)													
Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Atoya	1,74	1,12	0,77	0,58	1,78	4,63	3,11	3,33	10,51	10,97	6,62	3,01	4,01
Chiquito	0,32	0,14	0,13	0,16	0,58	1,25	0,72	0,91	3,74	3,72	2,91	0,80	1,25

Tabla 15 Caudales medios anuales de las cuencas
(Elaboración Propia)

El caudal medio anual del río Chiquito en el punto de control Finca los mangos por el método de correlación de estaciones es de 1.25m³/s (ver tabla 15).

7.3.2 Método Racional

La aplicación del método racional es permite obtener una aproximación del Caudal medio anual. Para esto se emplean la precipitación anual 1502.03mm y el coeficiente de escorrentiílla antes calculado para eventos máximos 0.32.

$$Q = 0.2778 \times 0.32 \times \left(\frac{1502.03}{365 \times 24} \right) \times 120.75 = 1.84 m^3 / s$$

El caudal medio anual del río Chiquito en el punto de control Finca los mangos por el método racional es de 1.84 m³/s.

7.3.3 Metodología de Balance Hídrico

7.3.3.1 Parámetros del Balance Hídrico

A. Precipitación:

Se empleo la precipitación media de la cuenca determinada anteriormente para el método de correlación de estaciones.

B. Evapotranspiración potencial:

La evapotranspiración potencial se determinó mediante el método de Hargreaves. Para esto se contó únicamente con los valores de temperatura media y humedad relativa media para un año promedio (ver tabla 16) extraído de la información existentes en el periodo 1970–2000 de la estación León aeropuerto 64043 (única estación que mide los parámetros mencionados en el área de la cuenca, ver anexos tabla A23), también se empleo los valores de la radiación solar extraterrestre extraída de la tabla presentada por el comité regional de recursos hídricos (ver anexos).

Humedad Relativa Media (%)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
67,86	63,81	64,64	66,21	75,92	82,12	77,94	80,56	86,40	86,80	81,69	73,66

Tabla 16a

Temperatura Media (°C)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
27,04	27,99	28,87	29,53	28,45	27,29	27,46	27,27	26,26	26,07	26,19	26,33

Tabla 16b Parámetros climáticos de la estación León Aeropuerto
(Elaboración Propia)

Radiación Extraterrestre Diaria											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
27,04	27,99	28,87	29,53	28,45	27,29	27,46	27,27	26,26	26,07	26,19	26,33

Tabla 17 Radiación Extraterrestre diaria (Tomado de Hargreaves 1978)

A continuación se muestran los cálculos necesarios para determinar la evapotranspiración potencial para el mes de enero:

Radiación mensual:

$$RA = 27.04 \times 31 = 394.15$$

Porcentaje posible de brillo solar:

$$S = 11.5(100 - 67.86)^{1/2} = 65.20$$

Radiación solar incidente:

$$RSI = 0.075 \times 394.15 \times (65.20)^{1/2} = 238.69$$

Temperatura en grados Fahrenheit:

$$TF = 32 + 1.8 \times 27.04 = 80.67^\circ F$$

Evapotranspiración potencial:

$$ETP_{Enero} = 0.0075 \times 238.69 \times 80.67 = 144.42mm$$

Los resultados de la Evapotranspiración potencial media mensual para todos los meses se presenta en la tabla 18.

Evapotranspiración potencial media mensual (mm)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
144,42	149,31	182,30	184,45	171,36	148,37	162,21	157,26	132,20	127,55	123,61	131,83

Tabla 18 Evapotranspiración potencial media mensual
(Elaboración Propia)

C. Capacidad de almacenamiento máxima del suelo

Para determinar la capacidad de almacenamiento máxima se emplearon las series de suelo de las zonas ya que los suelos que pertenecen a una misma serie poseen capacidades de almacenamiento similares. Estas series se determinaron con el mapa de series de suelo brindado por el departamento de ordenamiento territorial de INETER. De este mapa se obtuvieron los porcentajes de área de cada una de las series en los límites de la cuenca (ver tabla 19).

Series de suelo	% de área
Tierras Aluviales	0,45
Guadalupe	23,52
Tierras Mod. escarpad	8,52
Muy superficiales	1,30
Vertisol	0,48
Vertisol	0,01
Cárcava	5,01
Tierras Coluviales	0,94
Telica	2,31
Argolla	10,39
León	39,86
Cerro Negro	7,21

Tabla 19 Porcentajes de área de series de suelo en la cuenca (Tomado del mapa de series de suelo de la cuenca)

Como se observa en la tabla 19 las series con mayores porcentajes de área son: Serie León, serie Guadalupe y serie Argolla. Desafortunadamente solo fue posible obtener las propiedades físicas de la serie León (Proyecto de producción de alcohol etílico anhidro) ya que el determinar la información de todas las series de la zona requiere de un estudio físico de suelos. Sin embargo las diferencias entre series no son grandes y **suponer las propiedades físicas de la serie León como representativos de toda la cuenca no alterara notablemente los resultados del Balance.**

Propiedades Físicas de los suelos de la Serie León (según informe técnico del proyecto de producción de alcohol etílico anhidro)

Densidad Aparente (D_a) = 1.07

Capacidad de campo (% W_c) = 27.10

Marchites permanente (% W_c) = 15.90

Capacidad de retención de humedad = 12cm/m

Calculo de la humedad máxima:

De la ecuación de la humedad media del suelo se iguala a cero la humedad de marchites teniendo como resultado la humedad máxima para una profundidad de 1 m:

$$w_{Max} = \left(\frac{27.1}{100} \right) \times 1.07 \times 1 \times 1000 = 289.97mm$$

Y la humedad crítica es:

$$w_K = 0.75 \times 289.97 = 217.47mm$$

7.3.3.2 Balance Hídrico

Para la aplicación del balance hídrico se empleó la precipitación media y la evapotranspiración potencial. Este se realizó utilizando el método simplificado de Budiko para periodos de tiempo mensuales.

A. Coeficiente b:

Primero se determina el coeficiente b para todos los meses (ver tabla 20), en el caso enero:

$$b_{\text{Enero}} = \frac{0.8(3.46)}{144.44 + 3.46} = 0.02$$

Coeficiente b (adimensional)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0,02	0,01	0,02	0,07	0,44	0,46	0,33	0,43	0,59	0,56	0,33	0,06

Tabla 20 Cálculo del coeficiente b (Elaboración Propia)

B. Humedad media:

Para el cálculo de la humedad se asumió una humedad inicial (w_1) igual a 250mm para el mes de Octubre (primer periodo) y se determinó $w_m(1)$:

$$w_m(1) = \frac{302.39 + 2(250) - 127.55}{2 + (0.56) \frac{302.39}{290}} = 260.88mm$$

Siendo $w_m(1)$ mayor que w_K entonces $w_m = w_m(1)$. Sustituyendo w_m se obtiene w_2 completando los valores de la humedad para el primer periodo:

$$w_2 = 2(260.88) - (250) = 271.77 \text{ mm}$$

Este procedimiento se repitió para los meses en los cuales $w_m(1)$ fue mayor que w_K . Para el de Diciembre se obtuvo $w_m(1) = 149.68 \text{ mm}$ valor que es menor que w_K determinando a este como el periodo de tránsito en que w_m pasa de $w_m(1)$ a $w_m(2)$, para este periodo se toma $w_m = w_m(1)$, obteniendo $w_2 = 88.54 \text{ mm}$. Para el siguiente periodo (Enero) se obtuvo $w_m(1) = 18.06 \text{ mm}$, como es menor se aplica $w_m = w_m(2)$:

$$w_m = w_m(2) = \frac{3.46 + 2(88.54)}{2 + (0.02) \frac{3.46}{290} + \frac{144.42}{217.48}} = 67.77 \text{ mm}$$

Luego se continuó hasta realizar tres iteraciones en donde los valores ya no variaron (ver tabla 21).

Humedad media (mm)												
Item	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Primera Iteración												
W1	88,54	46,99	24,69	13,03	17,54	138,11	178,15	149,33	171,93	250	271,77	210,81
$w_m(1)$	18,06	-26,51	-64,37	-70,28	30,20	140,60	144,93	142,52	212,39	260,88	241,29	149,68
$W_m(2)$	67,77	35,84	18,86	15,29	77,83	158,13	163,74	160,63	213,31	-	-	165,43
W_m	67,77	35,84	18,86	15,29	77,83	158,13	163,74	160,63	213,31	260,88	241,29	149,68
Segunda Iteración												
W1	90,86	48,15	25,25	13,27	17,63	138,14	178,16	149,33	171,93	254,68	274,32	213,13
$w_m(1)$	20,38	-25,35	-63,81	-70,05	30,28	140,62	144,94	142,52	212,39	264,50	243,73	151,99
$W_m(2)$	69,50	36,70	19,26	15,45	77,89	158,15	163,74	160,63	213,31	-	-	167,21
W_m	69,50	36,70	19,26	15,45	77,89	158,15	163,74	160,63	213,31	264,50	243,73	151,99
Tercera Iteración												
W1	90,86	48,15	25,25	13,27	17,63	138,14	178,16	149,33	171,93	254,68	274,32	213,13
$w_m(1)$	20,38	-25,35	-63,81	-70,05	30,28	140,62	144,94	142,52	212,39	264,50	243,73	151,99
$W_m(2)$	69,50	36,70	19,26	15,45	77,89	158,15	163,74	160,63	213,31	-	-	167,21
Wm	69,50	36,70	19,26	15,45	77,89	158,15	163,74	160,63	213,31	264,50	243,73	151,99

Tabla 21 Cálculo de la humedad media (Elaboración Propia)

C. Evapotranspiración real:

La evapotranspiración real (ETR) se obtuvo en función de la humedad media. Si w_m mayor que w_K entonces la ETR es igual a la ETP y si w_m menor que w_K entonces la ETR es igual a la ETP $\times (w_m/w_K)$. Para el mes de Enero se obtiene $w_m=69.50\text{mm} < w_K$ entonces:

$$ETR_{ENE} = 144.42 \times \left(\frac{69.50}{217.48} \right) = 46.16\text{mm}$$

Los valores de la evapotranspiración real calculados para los demás meses se muestran en la tabla 22:

Evapotranspiración Real (mm)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
46,16	25,20	16,14	13,10	61,37	107,90	122,13	116,16	129,67	127,55	123,61	92,13

Tabla 22 Cálculo de la evapotranspiración real (Elaboración Propia)

D. Excedente de humedad:

El excedente de humedad (S) se determinó mediante la ecuación del balance. Para el mes de Enero:

$$S = 3.46 - 46.16 + 90.86 - 48.15 = 0.02\text{mm}$$

Los excedentes de humedad para los demás meses se muestran en la tabla 23:

Excedente de Humedad (mm)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0,02	0,00	0,00	0,06	24,17	49,00	21,49	43,28	163,87	155,20	23,83	39,98

Tabla 23 Cálculo del excedente de humedad (Elaboración Propia)

E. Esgurrimiento:

El esgurrimento se obtuvo partiendo del criterio que el 50% del excedente de humedad se convierte en esgurrimento y el otro 50% se almacena para el siguiente mes. Este cálculo es un proceso iterativo y el valor para el primer mes es la mitad del excedente de este mes. Como primer mes se tomó Abril:

$$Esc = 0.5 \times (0.06) = 0.03mm$$

Para el mes de Mayo:

$$Esc = 0.5 \times (0.03 + 24.17) = 12.10mm$$

Este proceso se repitió hasta que los valores no variaron (ver tabla MMMM).

Esgurrimento (mm)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0,00	0,00	0,00	0,03	12,10	30,55	26,02	34,65	99,26	127,23	75,53	57,76
28,89	14,44	7,22	3,64	13,91	31,45	26,47	34,88	99,37	127,29	75,56	57,77
28,89	14,45	7,23	3,65	13,91	31,45	26,47	34,88	99,37	127,29	75,56	57,77

Tabla 24 Cálculo del esgurrimento (Elaboración Propia)

F. Caudales Medios:

Los caudales medios se obtuvieron despejando la ecuación de esgurrimento. Para el mes de Enero se tiene:

$$Q_{med} = \left(\frac{28,89}{1000} \right) \frac{(120.75 \times 1000000)}{(31 \times 24 \times 60 \times 60)} = 1.30 m^3 / s$$

Los caudales obtenidos para los demás meses se presentan en la tabla 25.

Caudales Medios (m ³ /s)											
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1,30	0,72	0,33	0,17	0,63	1,47	1,19	1,57	4,63	5,74	3,52	2,60

Tabla 25 Cálculo de los caudales medios (Elaboración Propia)

De los caudales medios mensuales obtenidos se calculó un caudal medio anual de 1.99m³/s.

7.3.4 Análisis de Influencia del sistema de drenaje de aguas residuales de la ciudad de León en el caudal medio del Río Chiquito.

Conociendo que los sistemas de drenaje de de la ciudad de León desembocan en el Río Chiquito se investigaron los caudales de salida de las plantas de tratamiento de la ciudad obteniendo los siguientes resultados (Información brindada por ENACAL):

Aporte de Aguas tratadas	
Planta de tratamiento	Q(l/s)
Providencia y San Carlos	12
San Isidro	32
Cokal	82
Subtiava	180
Total	306

Tabla 26 Caudales de salida de las plantas de tratamiento de León (Brindadas por ENACAL)

Concluyendo que la aportación de las aguas residuales de de la ciudad es un caudal constante de 0.31m³/s. Este caudal debe ser sumado a los caudales obtenidos por métodos hidrológicos ya que estos incluyen únicamente las precipitaciones y las humedades del aire y el suelo en la capa más superficial como ingreso.

7.4 Curva de duración de caudales

Para definir la curva de duración de caudales es necesario contar con un registro de caudales medios ya sean Anuales, mensuales o diarios. Ya que en la cuenca de estudio no cuenta con esta información es necesario emplear métodos alternativos.

El método de correlación entre estaciones casi siempre es una opción aceptable. Para su aplicación es necesario tener la curva de duración de caudales de una estación base o la serie de caudales para generar la curva.

Para efectuar los análisis se tomó como estación base la estación hidrométrica Atoya en Ceilán. Partiendo de su registro de caudales medios mensuales se seleccionaron dos años hidrológicos (ver anexos tabla A1): el periodo 1972/73 como representativo del año hidrológico promedio y como año seco el periodo 1976/76 (ver anexos tabla A25).

Con base a los datos de caudales medios diarios de los años seleccionados se elaboraron las respectivas curvas de duración de caudales para la cuenca del río Atoya. Para ello se agruparon los caudales por rangos, se determinó la frecuencia de cada rango de caudal y posteriormente se graficó el caudal menor de cada rango versus la frecuencia acumulada partiendo de los caudales mas altos que tienen menor frecuencia hasta los caudales mas bajos que tienen mayor frecuencia (ver gráfico 20).

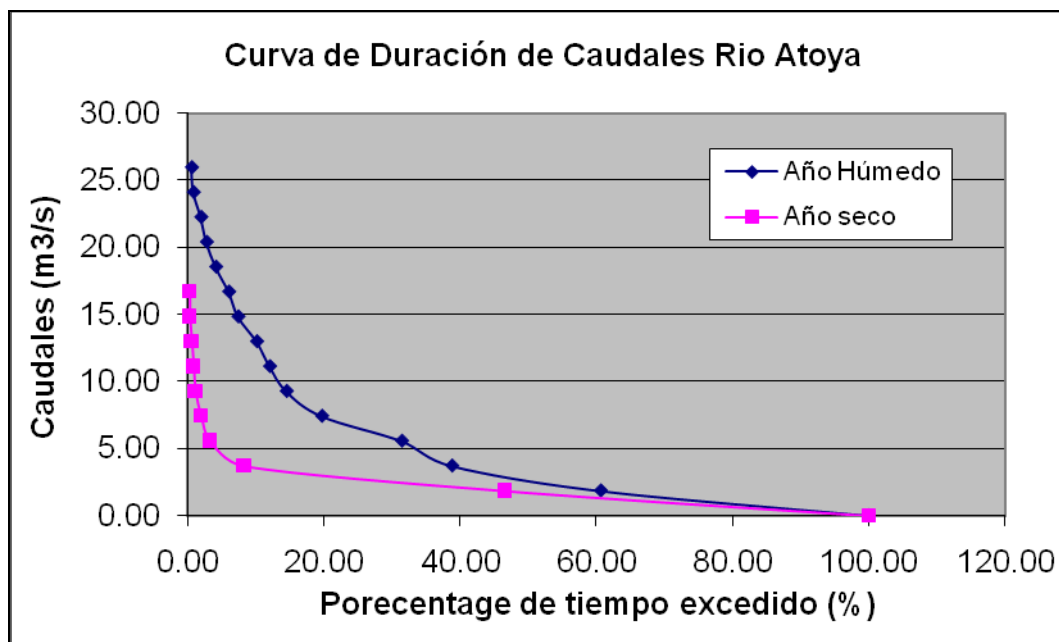


Gráfico 20 Curva de duración de caudales del Río Atoya
(Elaboración Propia)

Posteriormente eran requeridos una serie de aforos de caudales en el sitio para correlacionarlos con los de la estación base, pero estos no pudieron ser realizados. En cambio se utilizaron los caudales medios mensuales obtenidos para la cuenca de estudio del balance hídrico más los caudales de salida de las plantas de tratamiento (ver tabla 27). Estos caudales se correlacionaron por regresión lineal con los caudales medios de la estación hidrométrica de Atoya en Ceilán (ver gráfico 21).

Caudales medios (m³/s)													
CUENCA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
Atoya	1,74	1,12	0,77	0,58	1,78	4,63	3,11	3,33	10,51	10,97	6,62	3,01	4,01
Chiquito	1,61	1,03	0,64	0,48	0,94	1,78	1,50	1,88	4,94	6,05	3,83	2,91	2,30

Tabla 27 Caudales medios mensuales de la estación base Ceilán en Chinandega (brindados por INETER) y los caudales medios del punto de interés (Obtenidos del balance hídrico mas los caudales residuales de la ciudad de León)

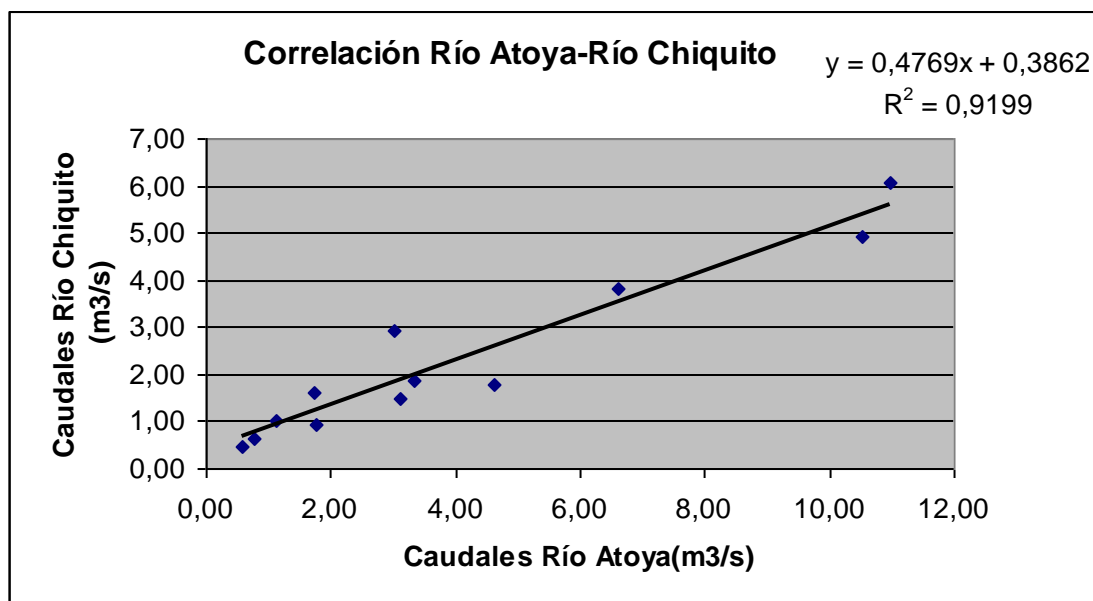


Gráfico 21 Correlación de caudales de los Ríos Atoya y Chiquito
(Elaboración Propia)

Con la ecuación de correlación obtenida se tomaron caudales con sus tiempos excedidos de la curva de duración de caudales estación base y se trasladaron al punto de estudio determinando de esta manera la curva de duración de caudales para la cuenca (ver gráfico 19).

Año Húmedo			
Caudales Mensual Atoya		Caudales Mensual Chiquito	
P (%)	Caudal	P (%)	Caudal
0,55	25,95	0,55	12,76
0,82	24,10	0,82	11,88
1,91	22,24	1,91	10,99
2,73	20,39	2,73	10,11
4,10	18,54	4,10	9,23
6,01	16,68	6,01	8,34
7,38	14,83	7,38	7,46
10,11	12,98	10,11	6,57
12,02	11,12	12,02	5,69
14,48	9,27	14,48	4,81
19,67	7,41	19,67	3,92
31,42	5,56	31,42	3,04
38,80	3,71	38,80	2,15
60,66	1,85	60,66	1,27
100,00	0,00	100,00	0,39

Tabla 28a

Año seco			
Caudales Mensual Atoya		Caudales Mensual Chiquito	
P (%)	Caudal	P (%)	Caudal
0,27	16,68	0,27	8,34
0,27	14,83	0,27	7,46
0,55	12,98	0,55	6,57
0,82	11,12	0,82	5,69
1,10	9,27	1,10	4,81
1,92	7,41	1,92	3,92
3,29	5,56	3,29	3,04
8,22	3,71	8,22	2,15
46,58	1,85	46,58	1,27
100,00	0,00	100,00	0,39

Tabla 28b

Cálculo de los valores de la CDD de Río Chiquito (Elaboración Propia)

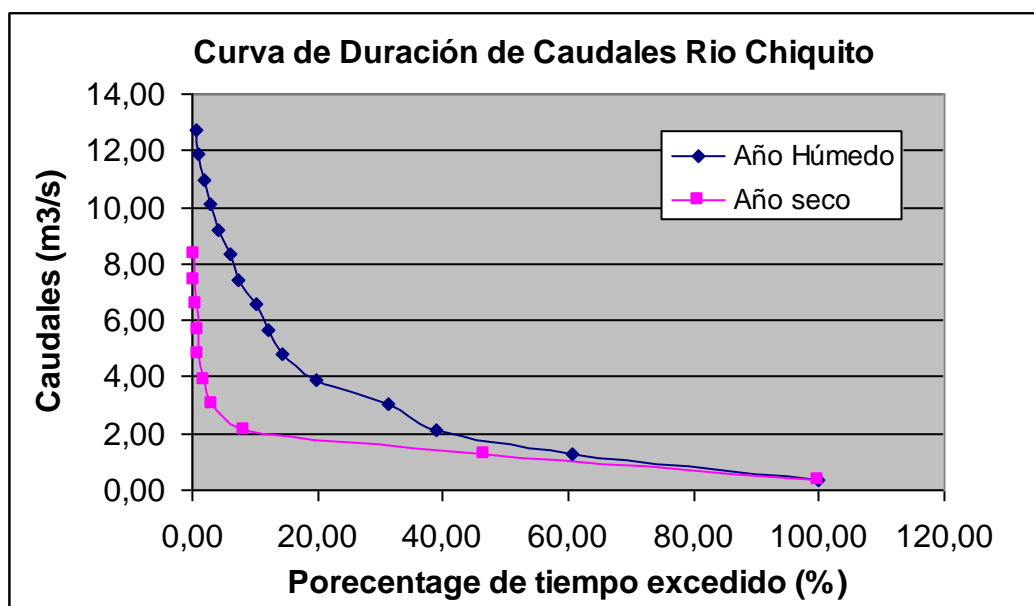


Gráfico 22 Curva de duración de caudales del Río Chiquito
(Elaboración Propia)

Determinación del caudal base y el caudal de diseño

Según las condiciones topográficas y los criterios de diseño para la central del diseñador podrá seleccionar un caudal base y uno de diseño según los siguientes porcentajes de tiempo excedidos:

PTE (%)	Caudal Base (m ³ /s)	Caudal de Diseño (m ³ /s)
50,00	1,21	1,70
60,66	1,04	1,27
70,00	0,88	1,06
80,00	0,72	0,84
85,00	0,63	0,72
90,00	0,55	0,61
95,00	0,47	0,50
100,00	0,39	0,39

Tabla 29 Permanecía de caudales (Elaboración Propia)

8. Análisis y discusión de resultados

8.1 Caudal Máximo Probable

Para el cálculo de caudal máximo probable para un periodo de retorno de 50 años del Río Chiquito en el punto de control hidrológico finca Los Mangos se aplicó el método racional y el trancito de avenidas.

A. Método Racional:

Este método se aplicó como una primera aproximación del caudal pico, ya que el área de la cuenca no cumple con su restricción. El resultado obtenido es un caudal pico de $588.22 \text{ m}^3/\text{s}$ en un tiempo de concentración de 167.09min para un periodo de retorno de 50 años.

B. Transito de avenidas:

Este método se aplicó cumpliendo con todas sus restricciones y su resultado se acepta como el caudal máximo probable en el punto de estudio. El resultado obtenido fue un caudal pico de $268.47 \text{ m}^3/\text{s}$ en un tiempo de concentración de 114.15 min para un periodo de retorno de 50 años.

8.2 Caudal Medio Anual:

Para el cálculo de caudal medio anual del Río Chiquito en el punto de control hidrológico finca Los Mangos se aplicó el método racional, método de correlación de estaciones y Balance hídrico.

A. Método Racional:

Este método se aplicó como una aproximación ya que solo toma en cuenta la precipitación y no incluye otras variables. Se obtuvo un caudal medio anual de $1.84 \text{ m}^3/\text{s}$.

B. Método de correlación de estaciones:

Este método es una aproximación. Se obtuvo un caudal de $1.25 \text{ m}^3/\text{s}$.

C. Balance Hídrico:

La aplicación de este método a pesar de estar limitado por la falta de información presenta los resultados más aceptables obtenidos del análisis. Se obtuvo un caudal medio anual de $1.99\text{m}^3/\text{s}$.

D. Resultado de caudal medio:

Teniendo como resultado del análisis un caudal medio de $1.99\text{m}^3/\text{s}$ se le sumó el caudal de salida de $0.31\text{m}^3/\text{s}$ de las plantas de tratamiento de la ciudad de León. Tenido como resultado final un caudal medio anual de $2.30\text{m}^3/\text{s}$.

8.3 Curva de duración de caudales

Se determinaron dos curvas de duración de caudales una representativa de caudales de estiaje y la otra de caudales medios.

9. Conclusiones

- Se calcularon los parámetros necesarios para determinar el caudal máximo por el método de tránsito de avenida, los cuales son los caudales pico de cada subcuenca con sus tiempos de concentración y los parámetros de tránsito. Estos se presentan a continuación:

Caudales picos de las sub cuencas:

Sub	Tc	Q
Cuenca	Min	m³/s
1	66.29	62.61
2	55.50	45.71
3	50.74	127.56
4	59.34	91.54
5	80.73	45.55
6	72.80	137.77
7	56.46	57.25
8	50.49	44.05
9	34.43	61.15
10	34.67	95.61

Tabla 30 Caudales picos de las sub cuencas (Elaboración Propia)

Parámetros de tránsito:

Calculo de los Parámetros del Transito													
Nº	SUB	DE	A	Vcuenca	Vtransito	Ltransito	K	t	X	CO	C1	C2	Σ
	CUENCA			m/min	m/min	M	min	min					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		1	2										
1	Vsc1			159.90									
2	Vsc(1-2)				159.90	4700.00	29.39	33.15	0.20	0.27	0.56	0.17	1
		2	3										
	Vsc(1-2)			159.90									
2	Vsc2			127.03									
3	Vsc(2-3)				143.47	5940.00	41.40	27.75	0.20	0.12	0.47	0.41	1
		3	4										
	Vsc(2-3)			143.47									
3	Vsc3			134.41									
4	Vsc(3-8.3)				138.94	4470.00	32.17	25.37	0.20	0.16	0.50	0.34	1
		5	6										
5	Vsc5			165.49									
6	Vsc(5-6)				165.49	4890.00	29.55	40.37	0.20	0.33	0.60	0.08	1
		6	8										
	Vsc(5-6)			165.49									
6	Vsc6			150.55									
7	Vsc7			137.80									
8	Vsc(6-8.6)				151.28	6130.00	40.52	25.25	0.20	0.10	0.46	0.44	1
		8	10										
	Vsc(3-8.3)			138.94									
	Vsc(6-8.6)			151.28									
8	Vsc8			122.20									
10	Vsc(8-10.8)				137.47	3390.00	24.66	38.05	0.20	0.36	0.62	0.02	1
		9	10										
9	Vsc9			162.07									
10	Vsc(9-10.9)				162.07	4330.00	26.72	17.22	0.20	0.11	0.47	0.43	10

Tabla 6 Parámetros de tránsito (Elaboración Propia)

- Se calculo un caudal máximo probable de 268.47 m³/s en un tiempo de concentración de 114.15 min. con un periodo de retorno de 50 años en el punto de control hidrológico por el método de transito de avenida. Este parámetro hidrológico será empleado en los diseños hidráulicos y estructurales para determinar la altura del vertedero del embalse y la lamina de agua que soportará, también niveles y taludes para las obras hidráulicas que requiera la central dando así estabilidad, capacidad y soporte a los eventos extremos considerados en el estudio.
- Se calcularon los parámetros necesarios para estimar el caudal medio anual y se presenta a continuación:

Precipitación media de las cuencas: Río Chiquito en el punto de estudio y Río Atoya en la estación en Ceilán:

Precipitación media (mm)												
Cuenca	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Atoya	7,13	6,73	9,00	24,23	238,87	275,46	186,61	251,99	398,32	336,20	73,90	13,87
Chiquito	3,46	2,31	4,16	17,54	206,05	196,91	114,80	182,04	376,28	302,39	86,25	9,84

Tabla 14 Precipitación media de las cuencas (Elaboración Propia)

Humedad media de la cuenca del Río Chiquito en el punto de estudio:

Humedad Relativa Media (%)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
67,86	63,81	64,64	66,21	75,92	82,12	77,94	80,56	86,40	86,80	81,69	73,66	

Tabla 16a

Temperatura media de la cuenca del Río Chiquito en el punto de estudio:

Temperatura Media (°C)												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
27,04	27,99	28,87	29,53	28,45	27,29	27,46	27,27	26,26	26,07	26,19	26,33	

Tabla 16b

- Se calculo el caudal medio anual río Chiquito en el punto de interés mediante la aplicación de tres métodos hidrológicos, estos se presentan a continuación con sus resultados:

Método Racional	1.84 m ³ /s
Método de correlación de estaciones	1.25 m ³ /s
Balance Hídrico (Método de Budyko)	1.99 m ³ /s

También se determino el caudal 0.31 m³/s de agua residual de la ciudad de León.

Haciendo un análisis de los métodos empleados y sus restricciones se determino que el más preciso es el Balance ya que este considera más variables meteorológicas que aproximan los resultados a las condiciones reales.

Adicionando el caudal determinado por el balance y el caudal residual de la ciudad se concluyó un caudal medio anual de 2.30 m³/s. Además del caudal anual medio también se determinaron los caudales medios mensuales, estos se presenta a continuación:

Caudales medios (m ³ /s)												
CUENCA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Atoya	1,74	1,12	0,77	0,58	1,78	4,63	3,11	3,33	10,51	10,97	6,62	3,01
Chiquito	1,61	1,03	0,64	0,48	0,94	1,78	1,50	1,88	4,94	6,05	3,83	2,91

Tabla 27 Caudales medios mensuales
(Elaboración propia)

- Se definió la siguiente curva de duración de caudales para caudales medios y caudales de estiaje mediante la correlación con la CDC de Río Atoya en Ceilan:

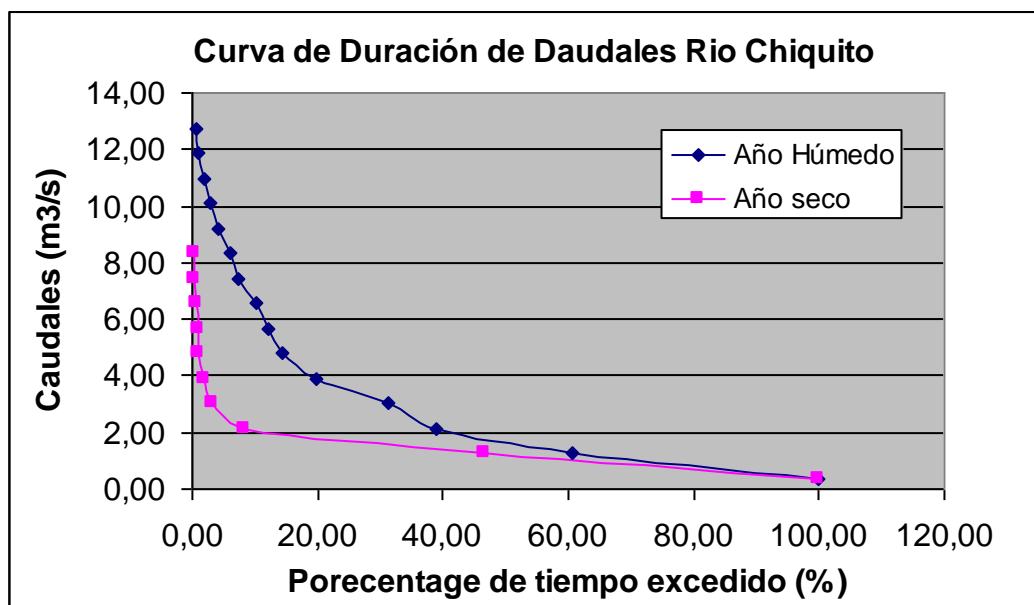


Gráfico 22 Curva de duración de caudales del Río Chiquito
(Elaboración Propia)

A partir de esta curva se proponen los siguientes caudales de diseño y base para la central:

PTE (%)	Caudal Base (m³/s)	Caudal de Diseño (m³/s)
50,00	1,21	1,70
60,66	1,04	1,27
70,00	0,88	1,06
80,00	0,72	0,84
85,00	0,63	0,72
90,00	0,55	0,61
95,00	0,47	0,50
100,00	0,39	0,39

Tabla 29 Permanecía de caudales (Elaboración Propia)

Estos caudales serán empleos para determinar la capacidad instalada que poseerá la central.

10. Recomendaciones

- Instalar una estación hidrométrica y realizar una serie de aforos con los cuales se compruebe y se mejore la información del flujo de agua en el punto de interés.
- Incluir en los aforos análisis de sedimentación.
- Realizar un estudio de impacto ambiental a la cuenca en función de todas las actividades humanas que puedan perjudicar los flujos de agua en el punto de interés.
- Realizar un estudio socio económico de la zona.

11. Bibliografía

- 1/ Francisco Javier Aparicio Mijares. Fundamentos de hidrología de superficie, 1993.
- 2/ Grassi Carlos J.. Estimaciones de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. CIDIAT, 1975
- 3/ German Sáenz. Hidrología en la ingeniería, 1999.
- 4/ Hargreaves George H.. Comité regional de recursos hídricos, clima y producción agrícola N°148. Tegucigalpa, Honduras, 1978
- 5/ Manual de estaciones hidrométricas y meteorológicas. Organización Meteorológica Mundial. San José, Costa Rica, 1970
- 6/ Morales C. Alejandro, Estudio hidrológico y de potencial hidroeléctrico de la minicentral Wiwilí, 1983
- 7/ Penche Celso, MANUAL DE HIDRÁULICA, Como llevar a buen fin un proyecto de minicentral hidroeléctrica, Madrid 1998.
- 8/ Sánchez San Román F. Javier Dpto. Geología Univ. Salamanca <http://web.usal.es/javisan/hidr>, 2003
- 9/ Silva Medina Gustavo A. Hidrología general, [//www.geocities.com/gsilvam/curvas.htm](http://www.geocities.com/gsilvam/curvas.htm), 2004.
- 10/ Thorne D. W. y Peterson H. B. Técnicas del Riego, 1969
- 11/ Tecnosa, S.A. Proyecto de producción de alcohol etílico anhidro para carburante de auto motores (sector agrícola) volumen II–segunda parte Informe técnico de suelos. (1981).

12/ Villón Béjar Maximo, Hidrológica Estadística, 2001

13/ Zúniga, J.C. y Pérez, W.J. Tesis para optar al grado de Ingeniería Civil, Heredia: UNAN, 2005.

9. Anexos

CAUDALES MEDIOS MENSUALES (M ³ /S)													
CUENCA: RIO ATOYA							ESTACION: CEYLAN						
CODIGO: 64-01-01							AREA DE DRENAJE: 320.3 KM2						
AÑO	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	ANUAL
71-72	2.05	2.20	1.72	2.76	13.51	12.82	7.81	4.51	2.82	2.19	1.55	1.22	4.59
72-73	4.24	4.03	2.64	2.05	3.02	2.48	1.71	1.08	0.64	0.49	0.41	0.32	1.92
73-74	1.46	3.72	3.10	7.99	16.62	22.43	10.30	4.31	2.29	1.49	1.11	0.74	6.30
74-75	1.55	5.63	3.66	3.08	17.19	12.65	5.08	2.80	1.93	1.28	0.68	0.41	4.66
75-76	0.92	3.57	2.61	1.54	9.22	13.21	12.61	4.04	2.15	1.26	0.61	0.47	4.35
76-77	0.60	9.81	5.00	2.67	2.85	2.74	2.46	1.51	0.68	0.20	0.13	0.15	2.40
77-78	0.52	5.31	2.07	2.22	6.91	7.34	4.42	1.19	0.47	0.33	0.50	0.37	2.64
78-79	1.25	1.94	1.65	2.32	11.75	6.37	4.35	1.09	1.21	0.79	0.52	0.38	2.80
79-80	2.18	3.22	3.77	4.04	12.57	13.36	8.05	4.88	2.61	1.14	1.08	0.82	4.81
80-81	2.05	3.96	3.71	3.43	11.24	11.94	7.20	3.28	1.89	1.00	1.40	0.98	4.34
81-82	2.30	6.15	3.98	4.27	13.26	14.09	8.49	3.88	2.23	1.47	0.95	0.70	5.15
82-83	2.33	6.22	4.02	4.32	13.42	14.26	8.59	3.92	2.26	1.49	0.96	0.71	5.21
83-84	1.50	4.02	2.60	2.79	8.68	9.22	5.56	2.54	1.46	0.96	0.62	0.46	3.37
84-85	1.80	4.81	3.11	3.34	10.37	11.02	6.64	3.03	1.75	1.15	0.74	0.55	4.02
85-86	1.94	5.20	3.36	3.61	11.20	11.91	7.17	3.27	1.89	1.24	0.80	0.59	4.35
86-87	1.23	3.29	2.13	2.28	7.09	7.54	4.54	2.07	1.19	0.79	0.51	0.38	2.75
87-88	1.36	3.64	2.36	2.53	7.85	8.35	5.03	2.30	1.32	0.87	0.56	0.42	3.05
88-89	2.26	6.05	3.91	4.20	13.04	13.86	8.35	3.81	2.20	1.44	0.94	0.69	5.06
89-90	1.95	5.22	3.37	3.62	11.25	11.96	7.20	3.29	1.89	1.25	0.81	0.60	4.37
90-91	1.49	3.98	2.58	2.76	8.58	9.12	5.50	2.51	1.45	0.95	0.62	0.46	3.33
91-92	1.12	3.00	1.94	2.08	6.47	6.87	4.14	1.89	1.09	0.72	0.46	0.34	2.51
92-93	1.34	3.59	2.32	2.49	7.73	8.22	4.95	2.26	1.30	0.86	0.55	0.41	3.00
93-94	2.19	5.85	3.78	4.06	12.61	13.40	8.07	3.69	2.12	1.40	0.90	0.67	4.89
94-95	1.05	2.80	1.81	1.94	6.04	6.41	3.87	1.76	1.02	0.67	0.43	0.32	2.34
95-96	2.24	6.00	3.88	4.16	12.93	13.74	8.28	3.78	2.18	1.43	0.93	0.69	5.02
96-97	2.47	6.60	4.27	4.58	14.23	15.13	9.11	4.16	2.40	1.58	1.02	0.75	5.53
97-98	1.12	3.01	1.94	2.09	6.48	6.89	4.15	1.89	1.09	0.72	0.46	0.34	2.52
98-99	3.53	9.44	6.10	6.55	20.35	21.63	13.03	5.95	3.43	2.25	1.46	1.08	7.90
99-00	2.23	5.97	3.86	4.14	12.87	13.68	8.24	3.76	2.17	1.43	0.92	0.68	5.00
00-01	1.10	0.60	1.92	1.92	5.96	6.33	3.82	1.74	1.00	0.66	0.35	0.63	2.17
PROMEDIO	1.78	4.63	3.11	3.33	10.51	10.97	6.62	3.01	1.74	1.12	0.77	0.58	4.01

Tabla A1

Datos pluviométricos de las estaciones:

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL													
Estación: - CHINANDEGA / CHINANDEGA							Latitud: 12° 38' 00" N						
Código: 64 018							Longitud: 87° 08' 00" W						
Parámetro: precipitación (mm)							Elevación: 60 msnm						
							Tipo: HMP						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
1970	0.40	0.00	0.00	109.20	316.70	128.00	248.00	376.40	304.70	255.10	92.30	68.00	1898.80
1971	1.90	0.00	0.00	0.00	200.80	175.80	173.70	265.10	627.20	385.60	124.70	1.20	1956.00
1972	0.30	0.00	0.00	2.60	351.00	162.00	92.80	79.40	134.30	126.50	48.20	18.70	1015.80
1973	0.00	0.00	63.70	8.20	297.60	375.80	163.80	423.60	523.30	530.40	13.60	2.20	2402.20
1974	0.20	0.00	0.00	2.00	163.30	421.70	128.00	213.20	898.60	268.70	5.80	0.00	2101.50
1975	1.10	0.00	0.00	2.40	248.40	161.20	197.70	321.80	497.00	532.10	138.30	0.00	2100.00
1976	0.00	0.00	0.00	3.50	22.70	512.00	175.20	165.20	106.10	259.20	96.30	0.00	1340.20
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	391.10	278.00	97.40	188.40	218.80	167.90	122.50	9.10	1473.20
1978	0.00	0.10	31.70	21.70	339.60	270.00	298.90	267.70	468.00	269.30	29.30	42.50	2038.80
1979	0.30	0.00	0.00	81.90	63.30	448.40	177.50	414.90	915.50	545.40	32.30	2.30	2681.80
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	251.00	229.20	455.20	349.30	485.10	317.50	56.90	6.90	2151.10
1981	0.20	0.30	4.60	10.10	570.10	513.40	195.00	379.30	255.00	541.10	6.90	7.90	2483.90
1982	6.90	1.80	0.40	0.00	1685.70	129.20	94.20	15.30	359.20	163.80	9.70	1.60	2467.80
1983	0.00	0.40	23.10	23.90	120.50	379.80	151.40	204.80	358.90	319.20	83.10	12.10	1677.20
1984	1.00	0.00	3.70	9.50	157.30	382.00	259.50	295.50	643.30	149.40	10.20	0.00	1911.40
1985	0.00	0.00	0.00	53.90	129.40	192.50	241.90	314.30	274.60	751.10	187.20	0.50	2145.40
1986	0.00	5.70	6.20	0.00	489.20	199.20	59.60	182.80	244.10	162.50	15.70	2.30	1367.30
1987	0.10	0.00	0.20	0.00	37.90	350.30	264.10	156.90	383.20	257.50	31.10	5.50	1486.80
1988	0.00	0.00	6.10	1.30	216.40	382.30	285.00	734.20	378.00	389.00	49.70	0.90	2442.90
1989	0.20	0.00	0.00	2.10	120.20	473.60	212.00	300.50	633.90	212.10	60.90	46.40	2061.90
1990	0.10	0.00	0.00	52.40	260.50	193.30	165.80	156.40	393.40	281.50	138.70	8.50	1650.60
1991	0.30	0.00	0.00	28.70	187.60	291.10	55.00	202.90	130.50	249.50	82.00	9.70	1237.30
1992	0.00	28.00	0.00	5.40	141.10	271.50	191.50	172.80	463.00	62.10	27.10	0.80	1363.30
1993	17.00	0.00	0.00	125.30	458.70	483.00	57.80	226.90	789.70	238.10	9.40	0.30	2406.20
1994	0.50	0.00	0.00	94.50	183.70	50.70	77.50	249.00	236.70	174.60	132.30	5.20	1204.70
1995	0.00	0.00	19.80	33.80	91.10	357.30	220.90	516.70	417.30	738.90	27.50	33.10	2456.40
1996	11.50	0.00	3.80	0.00	343.90	229.20	542.40	250.70	411.80	527.20	331.40	0.00	2651.90
1997	7.40	0.00	0.00	10.80	35.10	519.90	96.50	88.30	221.50	157.90	85.00	7.60	1230.00
1998	0.00	0.00	8.40	24.00	74.20	225.20	393.20	399.80	438.30	1985.50	229.20	2.90	3780.70
1999	6.40	6.40	2.90	3.60	173.20	339.60	182.50	272.30	939.00	364.90	121.70	10.00	2422.50
2000	0.00	0.00	0.00	4.40	246.70	180.00	249.20	179.20	444.10	336.80	25.20	3.00	1668.60
2001	0.00	0.00	10.30	0.00	334.60	56.20	138.30	143.00	496.50	226.20	53.90	142.80	1601.80
2002	0.00	0.00	0.00	0.30	485.10	386.90	86.90	143.50	318.30	219.00	37.50	0.00	1677.50
2003	0.00	0.00	74.70	1.20	201.40	528.30	149.00	241.20	394.60	405.30	85.40	0.00	2081.10
2004	1.50	0.10	1.30	61.20	222.40	157.20	247.80	255.10	241.30	318.10	55.40	0.00	1561.40
2005	0.00	0.00	38.70	39.00	187.20	286.60	302.50	272.80	482.40	732.50	34.10	1.90	2377.70
Suma	61.80	43.20	312.30	941.40	11097.60	12988.40	7901.80	10238.30	16772.00	15204.60	2961.00	477.10	78999.50

Tabla A2a

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA

RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - HACIENDA EL PARAISO

Latitud: 12° 44' 18" N

Código: 60 003

Longitud: 87° 08' 00" W

Elevación: 65 msnm

Parámetro: precipitación (mm)

Tipo: PV

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
1972	0.00	0.00	0.00	0.00	347.90	219.70	70.30	145.60	188.20	132.50	32.80	0.00	1137.00
1973	0.00	0.00	0.00	20.50	160.20	384.50	153.50	461.00	554.00	586.50	9.50	0.00	2329.70
1974	0.00	0.00	0.00	0.00	216.50	303.70	95.50	192.00	1006.00	181.50	3.00	0.00	1998.20
1975	0.00	0.00	0.00	0.00	135.00	144.00	153.90	233.40	391.00	276.00	107.00	0.00	1440.30
1976	0.00	0.00	0.00	0.00	49.70	367.00	97.00	115.00	533.00	221.00	59.00	0.00	1441.70
1977	0.00	0.00	0.00	1.00	300.00	378.00	44.50	168.00	254.00	99.50	122.00	0.00	1367.00
1978	0.00	0.00	26.00	36.00	265.50	384.50	633.00	401.50	530.00	199.00	0.00	0.00	2475.50
1979	0.00	0.00	0.00	5.00	99.00	230.50	193.00	434.50	616.00	508.00	16.00	0.00	2102.00
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1981	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1982	0.00	0.00	0.00	19.50	803.60	108.50	-	-	-	-	-	-	931.60
1983	0.00	-	12.20	21.20	-	-	-	-	-	-	-	-	33.40
Suma	0.00	0.00	38.20	103.20	2377.40	2520.40	1440.70	2151.00	4072.20	2204.00	349.30	0.00	15256.40

Tabla A2b

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL													
Estación: - INGENIO MONTE ROSA							Latitud: 12° 42' 12" N						
Código: 64 036							Longitud: 87° 12' 00" W						
Parámetro: precipitación (mm)							Elevación: 35 msnm						
							Tipo: HMO						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
1970	0.00	0.00	0.00	50.80	187.00	35.60	232.40	416.80	367.10	127.00	72.30	0.00	1489.00
1971	2.80	0.00	0.00	0.00	145.90	170.10	147.50	237.10	548.70	311.40	74.90	0.00	1638.40
1972	0.00	0.00	0.00	0.00	248.30	172.80	29.30	25.30	-	-	-	-	475.70
1973	0.00	0.00	0.00	0.00	108.40	246.30	175.10	489.90	523.10	482.50	15.20	0.00	2040.50
1974	0.00	0.00	0.00	0.00	239.20	373.20	187.90	238.20	558.80	210.60	0.00	0.00	1807.90
1975	0.00	0.00	0.00	0.00	327.60	109.20	250.90	248.90	408.90	423.60	157.40	0.00	1926.50
1976	0.00	0.00	0.00	20.30	20.60	520.70	71.10	109.30	185.60	160.00	68.60	0.00	1156.20
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	403.70	241.10	142.20	119.40	376.10	148.50	67.40	0.00	1498.40
1978	0.00	0.00	0.00	22.80	269.20	358.20	395.90	292.10	449.30	208.30	38.10	60.80	2094.70
1979	0.00	0.00	0.00	96.50	127.00	388.50	172.70	670.40	799.90	406.50	38.10	0.00	2699.60
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	226.10	299.70	213.30	182.90	358.00	373.10	0.00	0.00	1653.10
1981	0.00	0.00	0.00	0.00	393.80	434.30	304.80	337.90	322.60	340.50	0.00	0.00	2133.90
1982	0.00	0.00	0.00	10.10	858.50	111.70	-	-	-	-	-	-	980.30
1983	0.00	1.00	0.00	0.00	35.00	87.00	82.00	144.00	298.00	308.00	94.00	0.00	1049.00
1984	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	310.00	429.50	155.00	22.00	0.00	916.50
1985	0.00	0.00	0.00	17.50	121.00	227.50	298.50	-	-	-	-	-	664.50
1986	0.00	0.00	0.00	0.00	342.00	235.00	82.00	154.00	71.00	296.00	23.00	0.00	1203.00
1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.00	65.70	74.70
2002	0.00	0.00	0.00	3.10	518.70	273.20	55.10	112.10	401.80	97.20	103.40	0.10	1564.70
2003	0.00	0.00	41.10	3.70	327.40	388.50	86.70	199.00	354.10	356.00	50.00	0.00	1806.50
2004	3.50	27.90	2.70	84.60	196.80	163.60	266.70	197.20	240.30	326.40	56.10	0.00	1565.80
2005	0.00	0.00	39.60	33.60	142.00	465.40	293.70	374.30	421.90	758.30	30.50	0.10	2559.40
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	6.30	28.90	83.40	343.00	5238.20	5512.40	3792.30	4858.80	7514.30	5755.20	970.70	126.70	34230.20

Tabla A2c

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - BALSAMO / BALSAMO

Latitud: 12° 37' 24" N

Código: 64 008

Longitud: 87° 13' 54" W

Elevación: 15 msnm

Parámetro: precipitación (mm)

Tipo: PV

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
1970	0.00	0.00	0.00	0.00	339.50	200.70	190.40	340.90	266.10	267.90	60.90	20.30	1686.70
1971	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	155.00	0.00	155.00
1972	0.00	0.00	0.00	0.00	264.20	127.00	45.80	84.00	129.70	-	-	-	650.70
1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1974	0.00	0.00	0.00	0.00	182.80	434.30	149.90	172.80	822.90	17.80	0.00	0.00	1780.50
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1979	0.00	0.00	0.00	69.80	27.90	411.50	-	330.10	787.40	581.70	45.70	5.10	2259.20
1980	0.00	0.00	0.00	10.20	312.40	312.50	251.40	233.60	495.20	426.80	48.30	0.00	2090.40
1981	0.00	0.00	0.00	22.90	624.80	584.10	218.40	642.60	139.70	634.90	0.00	0.00	2867.40
1982	0.00	0.00	0.00	30.50	1435.10	43.20	-	-	-	-	-	-	1508.80
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	114.20	411.40	121.90	302.20	492.80	264.20	50.90	0.00	1757.60
1984	0.00	0.00	0.00	0.00	127.00	208.30	256.40	253.90	675.10	190.60	30.50	0.00	1741.80
1985	0.00	0.00	0.00	20.40	200.60	246.30	235.40	217.40	79.80	525.70	114.30	0.00	1639.90
1986	0.00	0.00	0.00	0.00	980.40	306.10	106.60	60.00	185.60	111.70	12.70	0.00	1763.10
1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	34.30	299.70	254.00	-	-	-	-	-	588.00
Suma	0.00	0.00	0.00	153.80	4643.20	3585.10	1830.20	2637.50	4074.30	3021.30	518.30	25.40	20489.10

Tabla A2d

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL													
Estación: - HOLANDA / HOLANDA							Latitud: 12° 38' 06" N						
Código: 64 014							Longitud: 87° 15' 42" W						
Parámetro: precipitación (mm)							Elevación: 15 msnm						
							Tipo: PV						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
1970	0.00	0.00	0.00	0.00	490.20	297.00	426.40	810.40	726.80	614.80	173.80	20.30	3559.70
1971	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00
1972	0.00	0.00	0.00	0.00	411.20	244.00	109.20	106.90	193.10	-	-	-	1064.40
1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1974	0.00	0.00	0.00	0.00	363.30	721.40	177.80	252.90	1117.20	17.80	0.00	0.00	2650.40
1975	-	-	-	-	-	-	-	685.60	698.40	330.10	86.30	0.00	1800.40
1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1979	0.00	0.00	0.00	88.80	33.00	370.80	106.60	205.80	726.40	482.50	20.30	0.00	2034.20
1980	0.00	0.00	0.00	15.20	208.20	259.10	134.60	116.80	413.90	459.80	33.10	0.00	1640.70
1981	0.00	0.00	0.00	12.70	490.20	607.60	248.90	510.50	144.60	421.70	0.00	0.00	2436.20
1982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	86.20	441.40	60.50	172.10	436.40	253.60	73.50	0.00	1523.70
1984	0.00	0.00	0.00	0.00	88.80	302.20	294.50	327.50	574.00	203.40	17.80	0.00	1808.20
1985	0.00	0.00	0.00	7.60	233.80	185.00	164.70	146.80	162.50	482.50	88.90	0.00	1471.80
1986	0.00	0.00	0.00	0.00	469.60	134.60	50.80	111.80	134.50	135.90	38.10	0.00	1075.30
1987	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	54.20	0.00	0.00	-	-	-	-	-	54.20
Suma	0.00	0.00	0.00	124.30	2928.70	3563.10	1774.00	3447.10	5327.80	3402.10	531.80	20.30	21119.20

Tabla A2e

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - LEON / LEON

Latitud: 12° 26' 30" N

Código: 64 006

Longitud: 86° 52' 12" W

Elevación: 110 msnm

Parámetro: precipitación (mm)

Tipo: PV

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
1968	0.00	0.00	0.00	1.30	276.90	406.10	31.80	109.20	212.30	463.50	64.70	0.00	1565.80
1969	0.00	0.00	10.20	27.90	189.20	424.10	64.70	481.10	275.70	537.30	147.30	0.00	2157.50
1970	0.00	0.80	0.00	20.30	188.10	133.30	124.40	266.60	325.00	317.00	257.30	17.80	1650.60
1971	0.00	0.00	0.00	0.00	170.50	123.60	136.60	211.40	487.60	396.30	47.70	2.50	1576.20
1972	0.00	0.00	0.00	4.10	220.50	184.50	83.40	44.00	88.80	140.30	44.30	49.50	859.40
1973	0.00	2.50	0.00	0.00	198.00	172.30	239.60	450.00	439.40	551.60	24.10	0.00	2077.50
1974	0.50	0.00	0.00	0.00	180.50	365.60	110.00	175.90	762.40	352.20	8.10	0.00	1955.20
1975	0.00	0.00	0.00	0.00	192.40	136.80	96.10	217.80	565.70	416.50	271.50	0.00	1896.80
1976	0.00	0.00	0.00	2.30	33.50	185.40	0.00	0.20	22.80	5.60	89.00	0.30	339.10
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	267.10	255.90	14.00	50.50	163.00	203.90	40.00	0.00	994.40
1978	0.00	0.00	5.20	3.50	231.80	65.70	259.70	179.20	372.20	336.90	33.50	48.00	1535.70
1979	0.20	0.00	0.00	80.10	105.60	-	-	-	-	-	-	-	185.90
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1981	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1982	-	-	-	-	-	-	7.60	15.00	384.00	84.60	3.20	16.60	511.00
1983	0.10	0.20	7.10	0.10	50.20	207.70	74.40	173.70	305.90	244.00	96.40	17.40	1177.20
1984	0.00	0.00	0.60	1.40	153.40	166.80	171.40	83.00	458.60	148.40	74.50	0.00	1258.10
1985	0.00	0.00	0.00	77.00	88.70	158.40	258.00	214.90	214.50	425.20	178.60	6.30	1621.60
1986	0.00	6.40	3.10	0.00	650.30	277.40	13.20	48.60	176.70	198.20	10.00	0.00	1383.90
1987	3.20	0.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.20
1988	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.30	30.60	53.80	0.00	0.00	102.70
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	34.30	50.50	17.60	30.70	70.30	12.40	13.00	0.00	228.80
1993	0.00	0.00	0.00	5.50	83.40	60.00	15.70	26.90	420.40	35.90	14.30	0.00	662.10
1994	0.00	0.00	0.00	32.00	68.00	72.60	10.40	196.90	192.30	195.70	156.70	16.50	941.10
1995	0.00	0.00	0.00	16.50	98.50	183.20	125.10	409.90	253.20	404.10	25.20	28.60	1544.30
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	192.00	204.80	287.40	190.10	312.90	551.60	375.70	0.00	2114.50
1997	0.00	0.00	0.00	14.80	51.00	284.30	20.90	21.70	141.20	194.60	0.00	0.00	728.50
1998	0.00	0.00	0.00	20.50	71.90	77.20	128.80	188.20	352.90	945.90	85.40	0.00	1870.80
1999	0.00	0.00	0.00	30.20	126.00	96.80	56.40	152.00	569.80	125.30	81.40	0.00	1237.90
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	17.40	43.10	55.40	39.20	453.80	212.40	47.40	0.00	868.70
2001	0.00	0.00	0.00	0.00	215.20	40.20	44.00	78.50	151.30	64.50	44.10	1.20	639.00
2002	0.00	0.00	0.00	0.00	244.00	137.20	21.20	46.10	339.10	81.30	36.90	-	905.80
Suma	7.80	9.90	46.00	634.90	5868.30	8388.60	3889.60	6063.30	12806.20	13653.40	3471.10	217.40	55056.50

Tabla A2f

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL													
Estación: - LEON (AEROP.GODOY) / LEON							Latitud: 12° 25' 36" N						
Código: 64 043							Longitud: 86° 54' 48" W						
							Elevación: 60 msnm						
Parámetro: precipitación (mm)							Tipo: HMP						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
1974	-	-	-	-	-	-	81.70	146.50	885.70	191.40	3.50	0.00	1308.80
1975	-	0.00	0.00	0.00	243.10	86.40	98.20	162.30	704.00	488.90	201.50	0.00	1984.40
1976	0.00	0.00	0.00	5.00	53.80	211.60	13.20	52.70	41.60	142.50	94.00	0.00	614.40
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	291.40	227.20	10.90	68.60	194.20	147.70	84.40	0.00	1024.40
1978	0.00	0.00	2.30	0.50	331.00	121.70	320.40	276.30	471.80	191.40	37.80	0.00	1753.20
1979	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-	229.30	943.90	335.10	79.10	0.00	1587.40
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	169.10	218.30	121.60	61.50	283.30	183.90	125.70	22.90	1186.30
1981	0.00	0.00	54.80	0.00	444.90	550.20	142.70	276.50	263.00	446.70	2.60	7.20	2188.60
1982	39.60	0.00	0.00	0.00	1214.90	126.10	8.10	7.50	383.30	110.00	1.00	13.50	1904.00
1983	0.40	0.00	1.40	2.80	91.80	158.20	59.80	94.00	308.00	251.80	176.20	9.80	1154.20
1984	0.00	0.10	1.00	11.30	150.00	184.80	121.20	94.00	507.80	151.00	27.10	0.00	1248.30
1985	0.00	0.00	0.00	75.20	66.40	146.90	229.50	230.90	179.20	595.70	91.20	1.90	1616.90
1986	0.00	5.70	1.00	0.00	470.90	251.90	15.50	84.40	170.00	238.10	9.70	0.00	1247.20
1987	1.80	0.00	2.40	0.00	157.40	266.00	155.90	143.80	301.10	168.60	0.20	0.50	1197.70
1988	0.00	0.00	0.60	1.80	264.90	256.30	231.80	732.70	386.20	483.50	17.50	0.80	2376.10
1989	0.00	0.00	0.00	0.00	60.80	270.70	190.00	291.00	472.60	117.50	126.70	46.70	1576.00
1990	0.00	0.00	0.00	100.00	139.80	57.80	81.60	97.80	326.50	282.90	92.80	1.10	1180.30
1991	1.40	0.00	0.00	61.00	274.80	188.60	24.30	92.90	209.10	203.30	33.30	1.20	1089.90
1992	0.00	3.30	0.00	0.00	59.10	173.90	19.60	129.80	376.70	39.30	49.20	13.00	863.90
1993	2.30	0.00	0.30	4.90	474.80	322.50	16.90	128.90	681.40	89.20	38.40	0.00	1759.60
1994	0.50	0.00	1.70	81.80	131.70	106.10	1.80	218.00	295.80	239.00	282.80	0.00	1359.20
1995	0.00	0.00	5.50	13.90	150.40	275.70	193.00	390.70	441.10	645.90	12.30	21.20	2149.70
1996	8.40	0.00	0.00	1.60	255.90	202.70	336.30	203.00	319.20	495.30	430.60	0.00	2253.00
1997	0.60	0.00	0.00	13.10	42.30	543.10	32.50	36.80	145.20	227.20	58.20	0.00	1099.00
1998	0.00	0.00	0.60	15.00	76.10	114.30	132.70	245.70	495.00	1338.60	129.30	0.20	2547.50
1999	0.00	0.00	0.90	12.10	98.10	257.80	83.80	211.30	1107.90	336.30	116.40	0.50	2225.10
2000	0.30	0.00	0.00	0.00	93.40	112.00	64.20	116.90	703.60	279.20	109.40	0.10	1479.10
2001	0.00	0.00	3.50	0.00	343.20	25.00	56.50	99.30	337.60	193.70	93.70	0.90	1153.40
2002	0.00	0.00	0.00	0.60	454.30	253.80	18.30	104.60	359.50	130.90	52.80	0.00	1374.80
2003	0.00	0.00	20.10	0.10	135.80	260.90	92.60	170.10	294.20	389.70	132.60	0.20	1496.30
2004	0.00	4.60	0.00	3.10	105.50	69.30	139.90	167.30	291.30	178.60	39.50	0.00	999.10
2005	0.00	0.00	80.00	41.30	120.10	196.90	123.40	196.60	535.60	796.90	81.20	-	2172.00
2006	0.00	0.00	0.00	0.00	135.70	401.20	142.50	128.50	188.80	434.70	82.80	12.50	1526.70
2007	0.00	2.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.70
Suma	55.30	16.40	176.10	445.10	7101.40	6637.90	3360.40	5690.20	13604.20	10544.50	2913.50	154.20	50699.20

Tabla A2g

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL

Estación: - SAN JACINTO / SAN JACINTO

Latitud: 12° 34' 06" N

Código: 60 021

Longitud: 86° 46' 08" W

Elevación: 360 msnm

Parámetro: precipitación (mm)

Tipo: PV

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
1984	-	3.60	26.00	34.00	157.00	233.40	168.00	170.20	574.40	91.70	29.80	0.00	1488.10
1985	0.00	0.00	0.00	58.30	131.90	102.40	189.80	250.50	275.80	650.80	367.70	0.00	2027.20
1986	0.00	15.00	0.00	0.80	716.30	253.80	43.50	218.00	156.80	409.20	30.40	0.00	1843.80
1987	5.40	3.60	0.00	0.00	58.10	262.20	291.20	141.10	370.80	296.50	17.40	8.40	1454.70
1988	0.40	0.00	10.00	6.30	198.50	261.10	152.30	581.80	564.40	-	58.90	3.50	1837.20
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	163.10	191.50	228.50	9.80	12.10	605.00
1992	-	-	-	-	-	-	-	89.20	503.80	46.90	19.00	0.00	658.90
1993	26.50	0.00	0.80	109.50	317.50	244.30	54.60	89.30	560.70	63.00	0.00	0.00	1466.20
1994	0.00	0.00	0.00	41.40	298.90	81.50	7.60	87.90	227.10	122.90	92.40	0.00	959.70
1995	0.00	0.00	15.90	117.60	334.40	252.40	57.40	377.60	275.30	457.80	0.00	18.10	1906.50
1996	0.00	0.00	21.20	12.30	181.20	177.40	233.60	240.80	256.30	187.60	107.70	0.00	1418.10
1997	0.60	0.40	0.00	28.10	53.80	399.00	83.00	60.60	243.10	191.80	57.70	0.00	1118.10
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	88.30	72.50	170.40	204.90	396.10	1302.80	219.70	0.00	2454.70
1999	0.00	0.00	0.00	0.00	24.20	162.90	135.20	152.50	670.40	238.80	95.70	0.00	1479.70
2000	2.50	0.00	0.00	40.00	128.20	156.80	149.70	161.70	505.90	321.60	30.00	12.60	1509.00
2001	0.00	0.00	20.80	0.00	332.00	40.50	189.80	272.50	278.10	132.10	76.40	15.00	1357.20
2002	0.00	0.00	0.00	0.00	198.20	346.20	29.20	9.20	376.90	202.90	37.80	0.00	1200.40
2003	0.00	0.00	0.00	0.00	248.70	362.00	89.90	130.50	376.30	314.00	128.40	0.00	1649.80
2004	0.00	0.00	0.00	20.10	20.00	59.20	101.60	248.20	292.30	121.60	35.80	0.00	898.80
2005	0.00	0.00	0.00	3.70	22.90	204.70	135.00	213.30	228.40	833.90	54.80	0.00	1696.70
2006	0.00	0.00	0.00	0.00	115.00	356.80	90.50	183.40	297.50	251.10	104.50	0.00	1398.80
2007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	35.40	22.60	94.70	472.10	3625.10	4029.10	2372.30	4046.30	7621.90	6465.50	1573.90	69.70	30428.60

Tabla A2h

Relleno y completación de estaciones por correlación lineal

Calculo de ecuación de correlación de la estaciones León y León Aero.

Valores mensuales comunes entre las estaciones León y León Aero.

León												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1974							110.00	175.90	762.40	352.20	8.10	0.00
1975		0.00	0.00	0.00	192.40	136.80	96.10	217.80	565.70	416.50	271.50	0.00
1976	0.00	0.00	0.00	2.30	33.50	185.40	0.00	0.20	22.80	5.60	89.00	0.30
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	267.10	255.90	14.00	50.50	163.00	203.90	40.00	0.00
1978	0.00	0.00	5.20	3.50	231.80	65.70	259.70	179.20	372.20	336.90	33.50	48.00
1979	0.20	0.00	0.00									
1982							7.60	15.00	384.00	84.60	3.20	16.60
1983	0.10	0.20	7.10	0.10	50.20	207.70	74.40	173.70	305.90	244.00	96.40	17.40
1984	0.00	0.00	0.60	1.40	153.40	166.80	171.40	83.00	458.60	148.40	74.50	0.00
1985	0.00	0.00	0.00	77.00	88.70	158.40	258.00	214.90	214.50	425.20	178.60	6.30
1986	0.00	6.40	3.10	0.00	650.30	277.40	13.20	48.60	176.70	198.20	10.00	0.00
1987	3.20	0.00										
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.30	30.60	53.80	0.00	0.00
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	34.30	50.50	17.60	30.70	70.30	12.40	13.00	0.00
1993	0.00	0.00	0.00	5.50	83.40	60.00	15.70	26.90	420.40	35.90	14.30	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	32.00	68.00	72.60	10.40	196.90	192.30	195.70	156.70	16.50
1995	0.00	0.00	0.00	16.50	98.50	183.20	125.10	409.90	253.20	404.10	25.20	28.60
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	192.00	204.80	287.40	190.10	312.90	551.60	375.70	0.00
1997	0.00	0.00	0.00	14.80	51.00	284.30	20.90	21.70	141.20	194.60	0.00	0.00
1998	0.00	0.00	0.00	20.50	71.90	77.20	128.80	188.20	352.90	945.90	85.40	0.00
1999	0.00	0.00	0.00	30.20	126.00	96.80	56.40	152.00	569.80	125.30	81.40	0.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	17.40	43.10	55.40	39.20	453.80	212.40	47.40	0.00

Tabla A3a

León (aeropuerto)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1974							81.70	146.50	885.70	191.40	3.50	0.00
1975		0.00	0.00	0.00	243.10	86.40	98.20	162.30	704.00	488.90	201.50	0.00
1976	0.00	0.00	0.00	5.00	53.80	211.60	13.20	52.70	41.60	142.50	94.00	0.00
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	291.40	227.20	10.90	68.60	194.20	147.70	84.40	0.00
1978	0.00	0.00	2.30	0.50	331.00	121.70	320.40	276.30	471.80	191.40	37.80	0.00
1979	0.00	0.00	0.00									
1982							8.10	7.50	383.30	110.00	1.00	13.50
1983	0.40	0.00	1.40	2.80	91.80	158.20	59.80	94.00	308.00	251.80	176.20	9.80
1984	0.00	0.10	1.00	11.30	150.00	184.80	121.20	94.00	507.80	151.00	27.10	0.00
1985	0.00	0.00	0.00	75.20	66.40	146.90	229.50	230.90	179.20	595.70	91.20	1.90
1986	0.00	5.70	1.00	0.00	470.90	251.90	15.50	84.40	170.00	238.10	9.70	0.00
1987	1.80	0.00										
1991	1.40	0.00	0.00	61.00	274.80	188.60	24.30	92.90	209.10	203.30	33.30	1.20
1992	0.00	3.30	0.00	0.00	59.10	173.90	19.60	129.80	376.70	39.30	49.20	13.00
1993	2.30	0.00	0.30	4.90	474.80	322.50	16.90	128.90	681.40	89.20	38.40	0.00
1994	0.50	0.00	1.70	81.80	131.70	106.10	1.80	218.00	295.80	239.00	282.80	0.00
1995	0.00	0.00	5.50	13.90	150.40	275.70	193.00	390.70	441.10	645.90	12.30	21.20
1996	8.40	0.00	0.00	1.60	255.90	202.70	336.30	203.00	319.20	495.30	430.60	0.00
1997	0.60	0.00	0.00	13.10	42.30	543.10	32.50	36.80	145.20	227.20	58.20	0.00
1998	0.00	0.00	0.60	15.00	76.10	114.30	132.70	245.70	495.00	1338.60	129.30	0.20
1999	0.00	0.00	0.90	12.10	98.10	257.80	83.80	211.30	1107.90	336.30	116.40	0.50
2000	0.30	0.00	0.00	0.00	93.40	112.00	64.20	116.90	703.60	279.20	109.40	0.10

Tabla A3b

Parámetros de regresión lineal de las estaciones León y León Aero

X2												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1974	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12100.00	30940.81	581253.76	124044.84	65.61	0.00
1975	0.00	0.00	0.00	0.00	37017.76	18714.24	9235.21	47436.84	320016.49	173472.25	73712.25	0.00
1976	0.00	0.00	0.00	5.29	1122.25	34373.16	0.00	0.04	519.84	31.36	7921.00	0.09
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	71342.41	65484.81	196.00	2550.25	26569.00	41575.21	1600.00	0.00
1978	0.00	0.00	27.04	12.25	53731.24	4316.49	67444.09	32112.64	138532.84	113501.61	1122.25	2304.00
1979	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.76	225.00	147456.00	7157.16	10.24	275.56
1983	0.01	0.04	50.41	0.01	2520.04	43139.29	5535.36	30171.69	93574.81	59536.00	9292.96	302.76
1984	0.00	0.00	0.36	1.96	23531.56	27822.24	29377.96	6889.00	210313.96	22022.56	5550.25	0.00
1985	0.00	0.00	0.00	5929.00	7867.69	25090.56	66564.00	46182.01	46010.25	180795.04	31897.96	39.69
1986	0.00	40.96	9.61	0.00	422890.09	76950.76	174.24	2361.96	31222.89	39283.24	100.00	0.00
1987	10.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	334.89	936.36	2894.44	0.00	0.00
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	1176.49	2550.25	309.76	942.49	4942.09	153.76	169.00	0.00
1993	0.00	0.00	0.00	30.25	6955.56	3600.00	246.49	723.61	176736.16	1288.81	204.49	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	1024.00	4624.00	5270.76	108.16	38769.61	36979.29	38298.49	24554.89	272.25
1995	0.00	0.00	0.00	272.25	9702.25	33562.24	15650.01	168018.01	64110.24	163296.81	635.04	817.96
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	36864.00	41943.04	82598.76	36138.01	97906.41	304262.56	141150.49	0.00
1997	0.00	0.00	0.00	219.04	2601.00	80826.49	436.81	470.89	19937.44	37869.16	0.00	0.00
1998	0.00	0.00	0.00	420.25	5169.61	5959.84	16589.44	35419.24	124538.41	894726.81	7293.16	0.00
1999	0.00	0.00	0.00	912.04	15876.00	9370.24	3180.96	23104.00	324672.04	15700.09	6625.96	0.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	302.76	1857.61	3069.16	1536.64	205934.44	45113.76	2246.76	0.00

Tabla A4a

Y2												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1974	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6674.89	21462.25	784464.49	36633.96	12.25	0.00
1975	0.00	0.00	0.00	0.00	59097.61	7464.96	9643.24	26341.29	495616.00	239023.21	40602.25	0.00
1976	0.00	0.00	0.00	25.00	2894.44	44774.56	174.24	2777.29	1730.56	20306.25	8836.00	0.00
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	84913.96	51619.84	118.81	4705.96	37713.64	21815.29	7123.36	0.00
1978	0.00	0.00	5.29	0.25	109561.00	14810.89	102656.16	76341.69	222595.24	36633.96	1428.84	0.00
1979	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.61	56.25	146918.89	12100.00	1.00	182.25
1983	0.16	0.00	1.96	7.84	8427.24	25027.24	3576.04	8836.00	94864.00	63403.24	31046.44	96.04
1984	0.00	0.01	1.00	127.69	22500.00	34151.04	14689.44	8836.00	257860.84	22801.00	734.41	0.00
1985	0.00	0.00	0.00	5655.04	4408.96	21579.61	52670.25	53314.81	32112.64	354858.49	8317.44	3.61
1986	0.00	32.49	1.00	0.00	221746.81	63453.61	240.25	7123.36	28900.00	56691.61	94.09	0.00
1987	3.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1991	1.96	0.00	0.00	3721.00	75515.04	35569.96	590.49	8630.41	43722.81	41330.89	1108.89	1.44
1992	0.00	10.89	0.00	0.00	3492.81	30241.21	384.16	16848.04	141902.89	1544.49	2420.64	169.00
1993	5.29	0.00	0.09	24.01	225435.04	104006.25	285.61	16615.21	464305.96	7956.64	1474.56	0.00
1994	0.25	0.00	2.89	6691.24	17344.89	11257.21	3.24	47524.00	87497.64	57121.00	79975.84	0.00
1995	0.00	0.00	30.25	193.21	22620.16	76010.49	37249.00	152646.49	194569.21	417186.81	151.29	449.44
1996	70.56	0.00	0.00	2.56	65484.81	41087.29	113097.69	41209.00	101888.64	245322.09	185416.36	0.00
1997	0.36	0.00	0.00	171.61	1789.29	294957.61	1056.25	1354.24	21083.04	51619.84	3387.24	0.00
1998	0.00	0.00	0.36	225.00	5791.21	13064.49	17609.29	60368.49	245025.00	1791849.96	16718.49	0.04
1999	0.00	0.00	0.81	146.41	9623.61	66460.84	7022.44	44647.69	1227442.41	113097.69	13548.96	0.25
2000	0.09	0.00	0.00	0.00	8723.56	12544.00	4121.64	13665.61	495052.96	77952.64	11968.36	0.01

Tabla A4b

XY												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1974	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8987.00	25769.35	675257.68	67411.08	28.35	0.00
1975	0.00	0.00	0.00	0.00	46772.44	11819.52	9437.02	35348.94	398252.80	203626.85	54707.25	0.00
1976	0.00	0.00	0.00	11.50	1802.30	39230.64	0.00	10.54	948.48	798.00	8366.00	0.00
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	77832.94	58140.48	152.60	3464.30	31654.60	30116.03	3376.00	0.00
1978	0.00	0.00	11.96	1.75	76725.80	7995.69	83207.88	49512.96	175603.96	64482.66	1266.30	0.00
1979	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.56	112.50	147187.20	9306.00	3.20	224.10
1983	0.04	0.00	9.94	0.28	4608.36	32858.14	4449.12	16327.80	94217.20	61439.20	16985.68	170.52
1984	0.00	0.00	0.60	15.82	23010.00	30824.64	20773.68	7802.00	232877.08	22408.40	2018.95	0.00
1985	0.00	0.00	0.00	5790.40	5889.68	23268.96	59211.00	49620.41	38438.40	253291.64	16288.32	11.97
1986	0.00	36.48	3.10	0.00	306226.27	69877.06	204.60	4101.84	30039.00	47191.42	97.00	0.00
1987	5.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1700.07	6398.46	10937.54	0.00	0.00
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	2027.13	8781.95	344.96	3984.86	26482.01	487.32	639.60	0.00
1993	0.00	0.00	0.00	26.95	39598.32	19350.00	265.33	3467.41	286460.56	3202.28	549.12	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	2617.60	8955.60	7702.86	18.72	42924.20	56882.34	46772.30	44314.76	0.00
1995	0.00	0.00	0.00	229.35	14814.40	50508.24	24144.30	160147.93	111686.52	261008.19	309.96	606.32
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	49132.80	41512.96	96652.62	38590.30	99877.68	273207.48	161776.42	0.00
1997	0.00	0.00	0.00	193.88	2157.30	154403.33	679.25	798.56	20502.24	44213.12	0.00	0.00
1998	0.00	0.00	0.00	307.50	5471.59	8823.96	17091.76	46240.74	174685.50	1266181.74	11042.22	0.00
1999	0.00	0.00	0.00	365.42	12360.60	24955.04	4726.32	32117.60	631281.42	42138.39	9474.96	0.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	1625.16	4827.20	3556.68	4582.48	319293.68	59302.08	5185.56	0.00

Tabla A4c

Correlación										
$\sum x$	$\sum x^2$	$\sum xy$	$\sum y$	$\sum y^2$	N	b	Ym	Xm	a	r
29303,00	12109628,88	8807099,97	22429,20	7245644,88	239,00	0,71	93,85	122,61	6,65	0,92

Tabla A4d

Ecuación de correlación de las estaciones León y León Aero:

$$Y = 0.71X + 6.65$$

Calculo de ecuación de correlación de la estaciones Ingenio Monte Rosa y Chinandega.

Valores mensuales comunes entre las estaciones Ingenio Monte Rosa y Chinandega.

Chinandega												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	0,40	0,00	0,00	109,20	316,70	128,00	248,00	376,40	304,70	255,10	92,30	68,00
1971	1,90	0,00	0,00	0,00	200,80	175,80	173,70	265,10	627,20	385,60	124,70	1,20
1972	0,30	0,00	0,00	2,60	351,00	162,00	92,80	79,40				
1973	0,00	0,00	63,70	8,20	297,60	375,80	163,80	423,60	523,30	530,40	13,60	2,20
1974	0,20	0,00	0,00	2,00	163,30	421,70	128,00	213,20	898,60	268,70	5,80	0,00
1975	1,10	0,00	0,00	2,40	248,40	161,20	197,70	321,80	497,00	532,10	138,30	0,00
1976	0,00	0,00	0,00	3,50	22,70	512,00	175,20	165,20	106,10	259,20	96,30	0,00
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	391,10	278,00	97,40	188,40	218,80	167,90	122,50	9,10
1978	0,00	0,10	31,70	21,70	339,60	270,00	298,90	267,70	468,00	269,30	29,30	42,50
1979	0,30	0,00	0,00	81,90	63,30	448,40	177,50	414,90	915,50	545,40	32,30	2,30
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	251,00	229,20	455,20	349,30	485,10	317,50	56,90	6,90
1981	0,20	0,30	4,60	10,10	570,10	513,40	195,00	379,30	255,00	541,10	6,90	7,90
1982	6,90	1,80	0,40	0,00	1685,70	129,20						
1983	0,00	0,40	23,10	23,90	120,50	379,80	151,40	204,80	358,90	319,20	83,10	12,10
1984	1,00	0,00	3,70	9,50				295,50	643,30	149,40	10,20	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	53,90	129,40	192,50	241,90					
1986	0,00	5,70	6,20	0,00	489,20	199,20	59,60	182,80	244,10	162,50	15,70	2,30

Tabla A5a

Ingenio Monte Rosa												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	0,00	0,00	0,00	50,80	187,00	35,60	232,40	416,80	367,10	127,00	72,30	0,00
1971	2,80	0,00	0,00	0,00	145,90	170,10	147,50	237,10	548,70	311,40	74,90	0,00
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	248,30	172,80	29,30	25,30				
1973	0,00	0,00	0,00	0,00	108,40	246,30	175,10	489,90	523,10	482,50	15,20	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	239,20	373,20	187,90	238,20	558,80	210,60	0,00	0,00
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	327,60	109,20	250,90	248,90	408,90	423,60	157,40	0,00
1976	0,00	0,00	0,00	20,30	20,60	520,70	71,10	109,30	185,60	160,00	68,60	0,00
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	403,70	241,10	142,20	119,40	376,10	148,50	67,40	0,00
1978	0,00	0,00	0,00	22,80	269,20	358,20	395,90	292,10	449,30	208,30	38,10	60,80
1979	0,00	0,00	0,00	96,50	127,00	388,50	172,70	670,40	799,90	406,50	38,10	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	226,10	299,70	213,30	182,90	358,00	373,10	0,00	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	393,80	434,30	304,80	337,90	322,60	340,50	0,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	10,10	858,50	111,70						
1983	0,00	1,00	0,00	0,00	35,00	87,00	82,00	144,00	298,00	308,00	94,00	0,00
1984	0,00	0,00	0,00	0,00				310,00	429,50	155,00	22,00	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	17,50	121,00	227,50	298,50					
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	342,00	235,00	82,00	154,00	71,00	296,00	23,00	0,00

Tabla A5b

Parámetros de regresión lineal de las estaciones Chinandega e Ingenio Monte Rosa

X2												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	0,16	0,00	0,00	11924,64	100298,89	16384,00	61504,00	141676,96	92842,09	65076,01	8519,29	4624,00
1971	3,61	0,00	0,00	0,00	40320,64	30905,64	30171,69	70278,01	393379,84	148687,36	15550,09	1,44
1972	0,09	0,00	0,00	6,76	123201,00	26244,00	8611,84	6304,36	0,00	0,00	0,00	0,00
1973	0,00	0,00	4057,69	67,24	88565,76	141225,64	26830,44	179436,96	273842,89	281324,16	184,96	4,84
1974	0,04	0,00	0,00	4,00	26666,89	177830,89	16384,00	45454,24	807481,96	72199,69	33,64	0,00
1975	1,21	0,00	0,00	5,76	61702,56	25985,44	39085,29	103555,24	247009,00	283130,41	19126,89	0,00
1976	0,00	0,00	0,00	12,25	515,29	262144,00	30695,04	27291,04	11257,21	67184,64	9273,69	0,00
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	152959,21	77284,00	9486,76	35494,56	47873,44	28190,41	15006,25	82,81
1978	0,00	0,01	1004,89	470,89	115328,16	72900,00	89341,21	71663,29	219024,00	72522,49	858,49	1806,25
1979	0,09	0,00	0,00	6707,61	4006,89	201062,56	31506,25	172142,01	838140,25	297461,16	1043,29	5,29
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	63001,00	52532,64	207207,04	122010,49	235322,01	100806,25	3237,61	47,61
1981	0,04	0,09	21,16	102,01	325014,01	263579,56	38025,00	143868,49	65025,00	292789,21	47,61	62,41
1982	47,61	3,24	0,16	0,00	2841584,49	16692,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,16	533,61	571,21	14520,25	144248,04	22921,96	41943,04	128809,21	101888,64	6905,61	146,41
1984	1,00	0,00	13,69	90,25	0,00	0,00	0,00	87320,25	413834,89	22320,36	104,04	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	2905,21	16744,36	37056,25	58515,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1986	0,00	32,49	38,44	0,00	239316,64	39680,64	3552,16	33415,84	59584,81	26406,25	246,49	5,29

Tabla A6a

Y2												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	0,00	0,00	0,00	2580,64	34969,00	1267,36	54009,76	173722,24	134762,41	16129,00	5227,29	0,00
1971	7,84	0,00	0,00	0,00	21286,81	28934,01	21756,25	56216,41	301071,69	96969,96	5610,01	0,00
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	61652,89	29859,84	858,49	640,09	0,00	0,00	0,00	0,00
1973	0,00	0,00	0,00	0,00	11750,56	60663,69	30660,01	240002,01	273633,61	232806,25	231,04	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	57216,64	139278,24	35306,41	56739,24	312257,44	44352,36	0,00	0,00
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	107321,76	11924,64	62950,81	61951,21	167199,21	179436,96	24774,76	0,00
1976	0,00	0,00	0,00	412,09	424,36	271128,49	5055,21	11946,49	34447,36	25600,00	4705,96	0,00
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	162973,69	58129,21	20220,84	14256,36	141451,21	22052,25	4542,76	0,00
1978	0,00	0,00	0,00	519,84	72468,64	128307,24	156736,81	85322,41	201870,49	43388,89	1451,61	3696,64
1979	0,00	0,00	0,00	9312,25	16129,00	150932,25	29825,29	449436,16	639840,01	165242,25	1451,61	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	51121,21	89820,09	45496,89	33452,41	128164,00	139203,61	0,00	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	155078,44	188616,49	92903,04	114176,41	104070,76	115940,25	0,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	102,01	737022,25	12476,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	1,00	0,00	0,00	1225,00	7569,00	6724,00	20736,00	88804,00	94864,00	8836,00	0,00
1984	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	96100,00	184470,25	24025,00	484,00	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	306,25	14641,00	51756,25	89102,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	116964,00	55225,00	6724,00	23716,00	5041,00	87616,00	529,00	0,00

Tabla A6b

XY												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	0,00	0,00	0,00	5547,36	59222,90	4556,80	57635,20	156883,52	111855,37	32397,70	6673,29	0,00
1971	5,32	0,00	0,00	0,00	29296,72	29903,58	25620,75	62855,21	344144,64	120075,84	9340,03	0,00
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	87153,30	27993,60	2719,04	2008,82	0,00	0,00	0,00	0,00
1973	0,00	0,00	0,00	0,00	32259,84	92559,54	28681,38	207521,64	273738,23	255918,00	206,72	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	39061,36	157378,44	24051,20	50784,24	502137,68	56588,22	0,00	0,00
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	81375,84	17603,04	49602,93	80096,02	203223,30	225397,56	21768,42	0,00
1976	0,00	0,00	0,00	71,05	467,62	266598,40	12456,72	18056,36	19692,16	41472,00	6606,18	0,00
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	157887,07	67025,80	13850,28	22494,96	82290,68	24933,15	8256,50	0,00
1978	0,00	0,00	0,00	494,76	91420,32	96714,00	118334,51	78195,17	210272,40	56095,19	1116,33	2584,00
1979	0,00	0,00	0,00	7903,35	8039,10	174203,40	30654,25	278148,96	732308,45	221705,10	1230,63	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	56751,10	68691,24	97094,16	63886,97	173665,80	118459,25	0,00	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	224505,38	222969,62	59436,00	128165,47	82263,00	184244,55	0,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	1447173,45	14431,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,40	0,00	0,00	4217,50	33042,60	12414,80	29491,20	106952,20	98313,60	7811,40	0,00
1984	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	91605,00	276297,35	23157,00	224,40	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	943,25	15657,40	43793,75	72207,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	167306,40	46812,00	4887,20	28151,20	17331,10	48100,00	361,10	0,00

Tabla A6c

Correlación										
$\sum x$	$\sum x^2$	$\sum xy$	$\sum y$	$\sum y^2$	N	b	Ym	Xm	a	r
29914,40	13564160,30	10498237,07	25427,20	9084370,26	186,00	0,73	136,71	160,83	18,95	0,91

Tabla A6d

Ecuación de correlación de las estaciones Chinandega e Ingenio Monte Rosa:

$$Y = 0.73X + 18.95$$

Calculo de ecuación de correlación de la estaciones Holanda y Chinandega.

Valores mensuales comunes entre las estaciones Holanda y Chinandega.

Chinandega												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	0,40	0,00	0,00	109,20	316,70	128,00	248,00	376,40	304,70	255,10	92,30	68,00
1971	1,90	0,00	0,00	0,00								
1972	0,30	0,00	0,00	2,60	351,00	162,00	92,80	79,40	134,30			
1974	0,20	0,00	0,00	2,00	163,30	421,70	128,00	213,20	898,60	268,70	5,80	0,00
1975								321,80	497,00	532,10	138,30	0,00
1979	0,30	0,00	0,00	81,90	63,30	448,40	177,50	414,90	915,50	545,40	32,30	2,30
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	251,00	229,20	455,20	349,30	485,10	317,50	56,90	6,90
1981	0,20	0,30	4,60	10,10	570,10	513,40	195,00	379,30	255,00	541,10	6,90	7,90
1983	0,00	0,40	23,10	23,90	120,50	379,80	151,40	204,80	358,90	319,20	83,10	12,10
1984	1,00	0,00	3,70	9,50	157,30	382,00	259,50	295,50	643,30	149,40	10,20	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	53,90	129,40	192,50	241,90	314,30	274,60	751,10	187,20	0,50
1986	0,00	5,70	6,20	0,00	489,20	199,20	59,60	182,80	244,10	162,50	15,70	2,30
1992	0,00	28,00	0,00	5,40	141,10	271,50	191,50					

Tabla A7a

Holanda												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	0,00	0,00	0,00	0,00	490,20	297,00	426,40	810,40	726,80	614,80	173,80	20,30
1971	0,00	0,00	0,00	0,00								
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	411,20	244,00	109,20	106,90	193,10			
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	363,30	721,40	177,80	252,90	1117,20	17,80	0,00	0,00
1975								685,60	698,40	330,10	86,30	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	88,80	33,00	370,80	106,60	205,80	726,40	482,50	20,30	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	15,20	208,20	259,10	134,60	116,80	413,90	459,80	33,10	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	12,70	490,20	607,60	248,90	510,50	144,60	421,70	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	86,20	441,40	60,50	172,10	436,40	253,60	73,50	0,00
1984	0,00	0,00	0,00	0,00	88,80	302,20	294,50	327,50	574,00	203,40	17,80	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	7,60	233,80	185,00	164,70	146,80	162,50	482,50	88,90	0,00
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	469,60	134,60	50,80	111,80	134,50	135,90	38,10	0,00
1992	0,00	0,00	0,00	0,00	54,20	0,00	0,00					

Tabla A7b

Parámetros de regresión lineal de las estaciones Holanda y Chinandega

X ²												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	0,16	0,00	0,00	11924,64	100298,89	16384,00	61504,00	141676,96	92842,09	65076,01	8519,29	4624,00
1971	3,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1972	0,09	0,00	0,00	6,76	123201,00	26244,00	8611,84	6304,36	18036,49	0,00	0,00	0,00
1974	0,04	0,00	0,00	4,00	26666,89	177830,89	16384,00	45454,24	807481,96	72199,69	33,64	0,00
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	103555,24	247009,00	283130,41	19126,89	0,00
1979	0,09	0,00	0,00	6707,61	4006,89	201062,56	31506,25	172142,01	838140,25	297461,16	1043,29	5,29
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	63001,00	52532,64	207207,04	122010,49	235322,01	100806,25	3237,61	47,61
1981	0,04	0,09	21,16	102,01	325014,01	263579,56	38025,00	143868,49	65025,00	292789,21	47,61	62,41
1983	0,00	0,16	533,61	571,21	14520,25	144248,04	22921,96	41943,04	128809,21	101888,64	6905,61	146,41
1984	1,00	0,00	13,69	90,25	24743,29	145924,00	67340,25	87320,25	413834,89	22320,36	104,04	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	2905,21	16744,36	37056,25	58515,61	98784,49	75405,16	564151,21	35043,84	0,25
1986	0,00	32,49	38,44	0,00	239316,64	39680,64	3552,16	33415,84	59584,81	26406,25	246,49	5,29
1992	0,00	784,00	0,00	29,16	19909,21	73712,25	36672,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla A8a

Y ²												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	0,00	0,00	0,00	0,00	240296,04	88209,00	181816,96	656748,16	528238,24	377979,04	30206,44	412,09
1971	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	169085,44	59536,00	11924,64	11427,61	37287,61	0,00	0,00	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	131986,89	520417,96	31612,84	63958,41	1248135,84	316,84	0,00	0,00
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	470047,36	487762,56	108966,01	7447,69	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	7885,44	1089,00	137492,64	11363,56	42353,64	527656,96	232806,25	412,09	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	231,04	43347,24	67132,81	18117,16	13642,24	171313,21	211416,04	1095,61	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	161,29	240296,04	369177,76	61951,21	260610,25	20909,16	177830,89	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	7430,44	194833,96	3660,25	29618,41	190444,96	64312,96	5402,25	0,00
1984	0,00	0,00	0,00	0,00	7885,44	91324,84	86730,25	107256,25	329476,00	41371,56	316,84	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	57,76	54662,44	34225,00	27126,09	21550,24	26406,25	232806,25	7903,21	0,00
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	220524,16	18117,16	2580,64	12499,24	18090,25	18468,81	1451,61	0,00
1992	0,00	0,00	0,00	0,00	2937,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla A8b

XY												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	0,00	0,00	0,00	0,00	155246,34	38016,00	105747,20	305034,56	221455,96	156835,48	16041,74	1380,40
1971	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	144331,20	39528,00	10133,76	8487,86	25933,33	0,00	0,00	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	59326,89	304214,38	22758,40	53918,28	1003915,92	4782,86	0,00	0,00
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	220626,08	347104,80	175646,21	11935,29	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	7272,72	2088,90	166266,72	18921,50	85386,42	665019,20	263155,50	655,69	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	52258,20	59385,72	61269,92	40798,24	200782,89	145986,50	1883,39	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	128,27	279463,02	311941,84	48535,50	193632,65	36873,00	228181,87	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	10387,10	167643,72	9159,70	35246,08	156623,96	80949,12	6107,85	0,00
1984	0,00	0,00	0,00	0,00	13968,24	115440,40	76422,75	96776,25	369254,20	30387,96	181,56	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	409,64	30253,72	35612,50	39840,93	46139,24	44622,50	362405,75	16642,08	0,00
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	229728,32	26812,32	3027,68	20437,04	32831,45	22083,75	598,17	0,00
1992	0,00	0,00	0,00	0,00	7647,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla A8c

Correlación										
$\sum x$	$\sum x^2$	$\sum xy$	$\sum y$	$\sum y^2$	N	b	Ym	Xm	a	r
21369,40	8595082,18	8389930,20	21119,20	9966902,27	133,00	0,97	158,79	160,67	3,25	0,86

Ecuación de correlación de las estaciones Chinandega y Holanda:

$$Y = 0.97X + 3.25$$

Calculo de ecuación de correlación de la estaciones Hacienda El Paraíso y Chinandega.

Valores mensuales comunes entre las estaciones Hacienda El Paraíso y Chinandega.

Chinandega												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1972	0,30	0,00	0,00	2,60	351,00	162,00	92,80	79,40	134,30	126,50	48,20	18,70
1973	0,00	0,00	63,70	8,20	297,60	375,80	163,80	423,60	523,30	530,40	13,60	2,20
1974	0,20	0,00	0,00	2,00	163,30	421,70	128,00	213,20	898,60	268,70	5,80	0,00
1975	1,10	0,00	0,00	2,40	248,40	161,20	197,70	321,80	497,00	532,10	138,30	0,00
1976	0,00	0,00	0,00	3,50	22,70	512,00	175,20	165,20	106,10	259,20	96,30	0,00
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	391,10	278,00	97,40	188,40	218,80	167,90	122,50	9,10
1978	0,00	0,10	31,70	21,70	339,60	270,00	298,90	267,70	468,00	269,30	29,30	42,50
1979	0,30	0,00	0,00	81,90	63,30	448,40	177,50	414,90	915,50	545,40	32,30	2,30
1982	6,90	1,80	0,40	0,00	1685,70	129,20						
1983	0,00		23,10	23,90								

Tabla A9a

Hacienda El Paraíso												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	347,90	219,70	70,30	145,60	188,20	132,50	32,80	0,00
1973	0,00	0,00	0,00	20,50	160,20	384,50	153,50	461,00	554,00	586,50	9,50	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	216,50	303,70	95,50	192,00	1006,00	181,50	3,00	0,00
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	135,00	144,00	153,90	233,40	391,00	276,00	107,00	0,00
1976	0,00	0,00	0,00	0,00	49,70	367,00	97,00	115,00	533,00	221,00	59,00	0,00
1977	0,00	0,00	0,00	1,00	300,00	378,00	44,50	168,00	254,00	99,50	122,00	0,00
1978	0,00	0,00	26,00	36,00	265,50	384,50	633,00	401,50	530,00	199,00	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	5,00	99,00	230,50	193,00	434,50	616,00	508,00	16,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	19,50	803,60	108,50						
1983	0,00		12,20	21,20								

Tabla A9b

Parámetros de regresión lineal de las estaciones Hacienda El Paraíso y Chinandega

X ²												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1972	0,09	0,00	0,00	6,76	123201,00	26244,00	8611,84	6304,36	18036,49	16002,25	2323,24	349,69
1973	0,00	0,00	4057,69	67,24	88565,76	141225,64	26830,44	179436,96	273842,89	281324,16	184,96	4,84
1974	0,04	0,00	0,00	4,00	26666,89	177830,89	16384,00	45454,24	807481,96	72199,69	33,64	0,00
1975	1,21	0,00	0,00	5,76	61702,56	25985,44	39085,29	103555,24	247009,00	283130,41	19126,89	0,00
1976	0,00	0,00	0,00	12,25	515,29	262144,00	30695,04	27291,04	11257,21	67184,64	9273,69	0,00
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	152959,21	77284,00	9486,76	35494,56	47873,44	28190,41	15006,25	82,81
1978	0,00	0,01	1004,89	470,89	115328,16	72900,00	89341,21	71663,29	219024,00	72522,49	858,49	1806,25
1979	0,09	0,00	0,00	6707,61	4006,89	201062,56	31506,25	172142,01	838140,25	297461,16	1043,29	5,29
1982	47,61	3,24	0,16	0,00	2841584,49	16692,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	533,61	571,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla A10a

Y ²												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	121034,41	48268,09	4942,09	21199,36	35419,24	17556,25	1075,84	0,00
1973	0,00	0,00	0,00	420,25	25664,04	147840,25	23562,25	212521,00	306916,00	343982,25	90,25	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	46872,25	92233,69	9120,25	36864,00	1012036,00	32942,25	9,00	0,00
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	18225,00	20736,00	23685,21	54475,56	152881,00	76176,00	11449,00	0,00
1976	0,00	0,00	0,00	0,00	2470,09	134689,00	9409,00	13225,00	284089,00	48841,00	3481,00	0,00
1977	0,00	0,00	0,00	1,00	90000,00	142884,00	1980,25	28224,00	64516,00	9900,25	14884,00	0,00
1978	0,00	0,00	676,00	1296,00	70490,25	147840,25	400689,00	161202,25	280900,00	39601,00	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	25,00	9801,00	53130,25	37249,00	188790,25	379456,00	258064,00	256,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	380,25	645772,96	11772,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	148,84	449,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla A10b

XY												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	122112,90	35591,40	6523,84	11560,64	25275,26	16761,25	1580,96	0,00
1973	0,00	0,00	0,00	168,10	47675,52	144495,10	25143,30	195279,60	289908,20	311079,60	129,20	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	35354,45	128070,29	12224,00	40934,40	903991,60	48769,05	17,40	0,00
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	33534,00	23212,80	30426,03	75108,12	194327,00	146859,60	14798,10	0,00
1976	0,00	0,00	0,00	0,00	1128,19	187904,00	16994,40	18998,00	56551,30	57283,20	5681,70	0,00
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	117330,00	105084,00	4334,30	31651,20	55575,20	16706,05	14945,00	0,00
1978	0,00	0,00	824,20	781,20	90163,80	103815,00	189203,70	107481,55	248040,00	53590,70	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	409,50	6266,70	103356,20	34257,50	180274,05	563948,00	277063,20	516,80	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	1354628,52	14018,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	281,82	506,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla A10c

Correlación										
$\sum x$	$\sum x^2$	$\sum xy$	$\sum y$	$\sum y^2$	N	b	Ym	Xm	a	r
17024,50	8953456,09	6940505,57	15256,40	6434780,36	105,00	0,72	145,30	162,14	28,36	0,87

Tabla A10d

Ecuación de correlación de las estaciones Chinandega y Holanda:

$$Y = 0.97X + 3.25$$

Calculo de ecuación de correlación de la estaciones Hacienda El Paraíso y Chinandega.

Valores mensuales comunes entre las estaciones Balsamo y Chinandega.

Chinandega												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1970	0,40	0,00	0,00	109,20	316,70	128,00	248,00	376,40	304,70	255,10	92,30	68,00
1971	1,90	0,00	0,00	0,00							124,70	1,20
1972	0,30	0,00	0,00	2,60	351,00	162,00	92,80	79,40	134,30			
1974	0,20	0,00	0,00	2,00	163,30	421,70	128,00	213,20	898,60	268,70	5,80	0,00
1979	0,30	0,00	0,00	81,90	63,30	448,40		414,90	915,50	545,40	32,30	2,30
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	251,00	229,20	455,20	349,30	485,10	317,50	56,90	6,90
1981	0,20	0,30	4,60	10,10	570,10	513,40	195,00	379,30	255,00	541,10	6,90	7,90
1982	6,90	1,80	0,40	0,00	1685,70	129,20						
1983	0,00	0,40	23,10	23,90	120,50	379,80	151,40	204,80	358,90	319,20	83,10	12,10
1984	1,00	0,00	3,70	9,50	157,30	382,00	259,50	295,50	643,30	149,40	10,20	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	53,90	129,40	192,50	241,90	314,30	274,60	751,10	187,20	0,50
1986	0,00	5,70	6,20	0,00	489,20	199,20	59,60	182,80	244,10	162,50	15,70	2,30
1992	0,00	28,00	0,00	5,40	141,10	271,50	191,50					

Tabla A11a

Balsamos												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1970	0,00	0,00	0,00	0,00	339,50	200,70	190,40	340,90	266,10	267,90	60,90	20,30
1971	0,00	0,00	0,00	0,00							155,00	0,00
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	264,20	127,00	45,80	84,00	129,70			
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	182,80	434,30	149,90	172,80	822,90	17,80	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	69,80	27,90	411,50		330,10	787,40	581,70	45,70	5,10
1980	0,00	0,00	0,00	10,20	312,40	312,50	251,40	233,60	495,20	426,80	48,30	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	22,90	624,80	584,10	218,40	642,60	139,70	634,90	0,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	30,50	1435,10	43,20						
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	114,20	411,40	121,90	302,20	492,80	264,20	50,90	0,00
1984	0,00	0,00	0,00	0,00	127,00	208,30	256,40	253,90	675,10	190,60	30,50	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	20,40	200,60	246,30	235,40	217,40	79,80	525,70	114,30	0,00
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	980,40	306,10	106,60	60,00	185,60	111,70	12,70	0,00
1992	0,00	0,00	0,00	0,00	34,30	299,70	254,00					

Tabla A11b

Parámetros de regresión lineal de las estaciones Balsamo y Chinandega

X ²												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1970	0,16	0,00	0,00	11924,64	100298,89	16384,00	61504,00	141676,96	92842,09	65076,01	8519,29	4624,00
1971	3,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15550,09	1,44
1972	0,09	0,00	0,00	6,76	123201,00	26244,00	8611,84	6304,36	18036,49	0,00	0,00	0,00
1974	0,04	0,00	0,00	4,00	26666,89	177830,89	16384,00	45454,24	807481,96	72199,69	33,64	0,00
1979	0,09	0,00	0,00	6707,61	4006,89	201062,56	0,00	172142,01	838140,25	297461,16	1043,29	5,29
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	63001,00	52532,64	207207,04	122010,49	235322,01	100806,25	3237,61	47,61
1981	0,04	0,09	21,16	102,01	325014,01	263579,56	38025,00	143868,49	65025,00	292789,21	47,61	62,41
1982	47,61	3,24	0,16	0,00	2841584,49	16692,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,16	533,61	571,21	14520,25	144248,04	22921,96	41943,04	128809,21	101888,64	6905,61	146,41
1984	1,00	0,00	13,69	90,25	24743,29	145924,00	67340,25	87320,25	413834,89	22320,36	104,04	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	2905,21	16744,36	37056,25	58515,61	98784,49	75405,16	564151,21	35043,84	0,25
1986	0,00	32,49	38,44	0,00	239316,64	39680,64	3552,16	33415,84	59584,81	26406,25	246,49	5,29
1992	0,00	784,00	0,00	29,16	19909,21	73712,25	36672,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla A12a

Y ²												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1970	0,00	0,00	0,00	0,00	115260,25	40280,49	36252,16	116212,81	70809,21	71770,41	3708,81	412,09
1971	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24025,00	0,00
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	69801,64	16129,00	2097,64	7056,00	16822,09	0,00	0,00	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	33415,84	188616,49	22470,01	29859,84	677164,41	316,84	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	4872,04	778,41	169332,25	0,00	108966,01	619998,76	338374,89	2088,49	26,01
1980	0,00	0,00	0,00	104,04	97593,76	97656,25	63201,96	54568,96	245223,04	182158,24	2332,89	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	524,41	390375,04	341172,81	47698,56	412934,76	19516,09	403098,01	0,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	930,25	2059512,01	1866,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	13041,64	169249,96	14859,61	91324,84	242851,84	69801,64	2590,81	0,00
1984	0,00	0,00	0,00	0,00	16129,00	43388,89	65740,96	64465,21	455760,01	36328,36	930,25	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	416,16	40240,36	60663,69	55413,16	47262,76	6368,04	276360,49	13064,49	0,00
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	961184,16	93697,21	11363,56	3600,00	34447,36	12476,89	161,29	0,00
1992	0,00	0,00	0,00	0,00	1176,49	89820,09	64516,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla A12b

XY												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1970	0,00	0,00	0,00	0,00	107519,65	25689,60	47219,20	128314,76	81080,67	68341,29	5621,07	1380,40
1971	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19328,50	0,00
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	92734,20	20574,00	4250,24	6669,60	17418,71	0,00	0,00	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	29851,24	183144,31	19187,20	36840,96	739457,94	4782,86	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	5716,62	1766,07	184516,60	0,00	136958,49	720864,70	317259,18	1476,11	11,73
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	78412,40	71625,00	114437,28	81596,48	240221,52	135509,00	2748,27	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	231,29	356198,48	299876,94	42588,00	243738,18	35623,50	343544,39	0,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	2419148,07	5581,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	13761,10	156249,72	18455,66	61890,56	176865,92	84332,64	4229,79	0,00
1984	0,00	0,00	0,00	0,00	19977,10	79570,60	66535,80	75027,45	434291,83	28475,64	311,10	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	1099,56	25957,64	47412,75	56943,26	68328,82	21913,08	394853,27	21396,96	0,00
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	479611,68	60975,12	6353,36	10968,00	45304,96	18151,25	199,39	0,00
1992	0,00	0,00	0,00	0,00	4839,73	81368,55	48641,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla A12c

Correlación										
$\sum x$	$\sum x^2$	$\sum xy$	$\sum y$	$\sum y^2$	N	b	\bar{Y}_m	\bar{X}_m	a	r
21652,60	10784634,06	10093349,43	20489,10	10266080,43	135,00	0,93	151,77	160,39	2,45	0,94

Tabla A12d

Ecuación de correlación de las estaciones Chinandega y Balsamo:

$$Y = 0.93X + 2.45$$

Calculo de ecuación de correlación de la estaciones Hacienda El Paraíso y Chinandega.

Valores mensuales comunes entre las estaciones Hacienda el Paraíso (rellenada) y San Jacinto.

Hacienda El Paraíso (rellenada)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1984		28,36	31,02	35,20	141,62	303,40	215,20	241,12	491,54	135,93	35,70	28,36
1985	28,36	28,36	28,36	67,17	121,53	166,96	202,53	254,66	226,07	569,15	163,14	28,72
1986	28,36	32,46	32,82	28,36	380,58	171,78	71,27	159,98	204,11	145,36	39,66	30,02
1987	28,43	28,36	28,50	28,36	55,65	280,58	218,51	141,33	304,26	213,76	50,75	32,32
1988	28,36	28,36	32,75	29,30	184,17	303,62	233,56	556,98	300,52		64,14	29,01
1991								174,45	122,32	208,00	87,40	35,34
1992								152,78	361,72	73,07	47,87	28,94
1993	40,60	28,36	28,36	118,58	358,62	376,12	69,98	191,73	596,94	199,79	35,13	28,58
1994	28,72	28,36	28,36	96,40	160,62	64,86	84,16	207,64	198,78	154,07	123,62	32,10
1995	28,36	28,36	42,62	52,70	93,95	285,62	187,41	400,38	328,82	560,37	48,16	52,19
1996	36,64	28,36	31,10	28,36	275,97	193,38	418,89	208,86	324,86	407,94	266,97	28,36
1997	33,69	28,36	28,36	36,14	53,63	402,69	97,84	91,94	187,84	142,05	89,56	33,83
1998	28,36	28,36	34,41	45,64	81,78	190,50	311,46	316,22	343,94	1457,92	193,38	30,45
1999	32,97	32,97	30,45	30,95	153,06	272,87	159,76	224,42	704,44	291,09	115,98	35,56
2000	28,36	28,36	28,36	31,53	205,98	157,96	207,78	157,38	348,11	270,86	46,50	30,52

Tabla A13a

San Jacinto												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1984		3,60	26,00	34,00	157,00	233,40	168,00	170,20	574,40	91,70	29,80	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	58,30	131,90	102,40	189,80	250,50	275,80	650,80	367,70	0,00
1986	0,00	15,00	0,00	0,80	716,30	253,80	43,50	218,00	156,80	409,20	30,40	0,00
1987	5,40	3,60	0,00	0,00	58,10	262,20	291,20	141,10	370,80	296,50	17,40	8,40
1988	0,40	0,00	10,00	6,30	198,50	261,10	152,30	581,80	564,40		58,90	3,50
1991								163,10	191,50	228,50	9,80	12,10
1992								89,20	503,80	46,90	19,00	0,00
1993	26,50	0,00	0,80	109,50	317,50	244,30	54,60	89,30	560,70	63,00	0,00	0,00
1994	0,00	0,00	0,00	41,40	298,90	81,50	7,60	87,90	227,10	122,90	92,40	0,00
1995	0,00	0,00	15,90	117,60	334,40	252,40	57,40	377,60	275,30	457,80	0,00	18,10
1996	0,00	0,00	21,20	12,30	181,20	177,40	233,60	240,80	256,30	187,60	107,70	0,00
1997	0,60	0,40	0,00	28,10	53,80	399,00	83,00	60,60	243,10	191,80	57,70	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	88,30	72,50	170,40	204,90	396,10	1302,80	219,70	0,00
1999	0,00	0,00	0,00	0,00	24,20	162,90	135,20	152,50	670,40	238,80	95,70	0,00
2000	2,50	0,00	0,00	40,00	128,20	156,80	149,70	161,70	505,90	321,60	30,00	12,60

Tabla A13b

Parámetros de regresión lineal de las estaciones Balsamo y Chinandega

X ²												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1984	0,00	804,29	962,49	1239,04	20055,09	92051,56	46311,04	58138,85	241607,64	18476,42	1274,78	804,29
1985	804,29	804,29	804,29	4511,54	14769,05	27875,64	41017,59	64849,68	51108,55	323934,00	26615,96	824,84
1986	804,29	1053,91	1077,41	804,29	144844,18	29509,74	5079,70	25592,32	41661,71	21129,53	1573,23	900,96
1987	808,38	804,29	812,48	804,29	3096,70	78722,89	47747,49	19973,60	92576,58	45693,34	2575,77	1044,58
1988	804,29	804,29	1072,69	858,26	33917,85	92182,68	54550,27	310231,18	90312,27	0,00	4114,45	841,46
1991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30432,10	14962,18	43264,00	7638,76	1249,20
1992	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23340,51	130841,36	5339,52	2291,73	837,29
1993	1648,36	804,29	804,29	14060,27	128611,17	141466,25	4896,64	36759,63	356342,14	39916,84	1233,98	816,59
1994	824,84	804,29	804,29	9292,96	25800,07	4207,34	7082,91	43114,37	39515,08	23738,18	15280,92	1030,67
1995	804,29	804,29	1816,12	2776,87	8826,98	81576,50	35121,76	160307,35	108119,96	314012,30	2319,39	2724,00
1996	1342,49	804,29	966,96	804,29	76158,34	37397,37	175467,16	43624,17	105531,42	166418,31	71271,91	804,29
1997	1134,88	804,29	804,29	1305,81	2876,39	162157,63	9572,67	8452,23	35283,87	20177,63	8020,99	1144,60
1998	804,29	804,29	1183,91	2083,01	6688,62	36291,77	97009,82	99992,56	118291,97	2125530,73	37397,37	927,08
1999	1086,89	1086,89	927,08	958,03	23428,59	74459,13	25523,26	50362,54	496235,71	84732,22	13452,29	1264,51
2000	804,29	804,29	804,29	994,01	42429,41	24951,36	43174,19	24769,72	121181,96	73362,97	2162,62	931,47

Tabla A14a

Y ²												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1984	0,00	12,96	676,00	1156,00	24649,00	54475,56	28224,00	28968,04	329935,36	8408,89	888,04	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	3398,89	17397,61	10485,76	36024,04	62750,25	76065,64	423540,64	135203,29	0,00
1986	0,00	225,00	0,00	0,64	513085,69	64414,44	1892,25	47524,00	24586,24	167444,64	924,16	0,00
1987	29,16	12,96	0,00	0,00	3375,61	68748,84	84797,44	19909,21	137492,64	87912,25	302,76	70,56
1988	0,16	0,00	100,00	39,69	39402,25	68173,21	23195,29	338491,24	318547,36	0,00	3469,21	12,25
1991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26601,61	36672,25	52212,25	96,04	146,41
1992	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7956,64	253814,44	2199,61	361,00	0,00
1993	702,25	0,00	0,64	11990,25	100806,25	59682,49	2981,16	7974,49	314384,49	3969,00	0,00	0,00
1994	0,00	0,00	0,00	1713,96	89341,21	6642,25	57,76	7726,41	51574,41	15104,41	8537,76	0,00
1995	0,00	0,00	252,81	13829,76	111823,36	63705,76	3294,76	142581,76	75790,09	209580,84	0,00	327,61
1996	0,00	0,00	449,44	151,29	32833,44	31470,76	54568,96	57984,64	65689,69	35193,76	11599,29	0,00
1997	0,36	0,16	0,00	789,61	2894,44	159201,00	6889,00	3672,36	59097,61	36787,24	3329,29	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	7796,89	5256,25	29036,16	41984,01	156895,21	1697287,84	48268,09	0,00
1999	0,00	0,00	0,00	0,00	585,64	26536,41	18279,04	23256,25	449436,16	57025,44	9158,49	0,00
2000	6,25	0,00	0,00	1600,00	16435,24	24586,24	22410,09	26146,89	255934,81	103426,56	900,00	158,76

Tabla A14b

XY												
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1984	0,00	102,10	806,62	1196,80	22233,71	70813,56	36153,60	41038,62	282338,28	12464,60	1063,98	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	3915,89	16029,54	17096,70	38439,81	63791,33	62350,66	370404,12	59988,05	0,00
1986	0,00	486,96	0,00	22,69	272612,32	43598,78	3100,33	34874,77	32004,76	59481,31	1205,79	0,00
1987	153,53	102,10	0,00	0,00	3233,15	73567,03	63630,69	19941,38	112821,09	63379,84	883,08	271,49
1988	11,34	0,00	327,52	184,56	36557,35	79274,14	35571,19	324053,29	169613,49	0,00	3778,08	101,53
1991	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	28452,47	23424,28	47528,00	856,52	427,66
1992	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13627,62	182234,54	3427,08	909,57	0,00
1993	1075,90	0,00	22,69	12984,07	113863,12	91886,12	3820,69	17121,31	334706,50	12586,90	0,00	0,00
1994	0,00	0,00	0,00	3990,96	48010,51	5286,42	639,62	18251,56	45143,85	18935,45	11422,12	0,00
1995	0,00	0,00	677,59	6197,05	31417,55	72089,48	10757,22	151185,00	90523,04	256536,47	0,00	944,68
1996	0,00	0,00	659,24	348,83	50005,40	34306,32	97852,24	50294,45	83260,59	76530,29	28752,45	0,00
1997	20,21	11,34	0,00	1015,42	2885,40	160672,51	8120,72	5571,32	45663,90	27244,81	5167,61	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	7221,53	13811,54	53073,47	64792,66	136233,05	1899378,18	42486,46	0,00
1999	0,00	0,00	0,00	0,00	3704,15	44450,85	21599,55	34223,44	472256,58	69511,81	11099,67	0,00
2000	70,90	0,00	0,00	1261,12	26407,15	24768,13	31105,26	25448,99	176109,86	87107,29	1395,12	384,55

Tabla A14c

Correlación										
$\sum x$	$\sum x^2$	$\sum xy$	$\sum y$	$\sum y^2$	N	b	Y_m	X_m	a	r
24944,38	8645508,82	8122319,52	22226,90	8525884,37	165,00	0,98	134,71	151,18	-12,98	0,92

Tabla A14d

Ecuación de correlación de las estaciones Chinandega y Balsamo:

$$Y = 0.97X + 3.25$$

**Estaciones rellenadas y corregidas (con excepción de la estación León
cuya corrección se presenta en la tabla A22):**

León (Rellenada)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	0.00	0.80	0.00	20.30	188.10	133.30	124.40	266.60	325.00	317.00	257.30	17.80
1971	0.00	0.00	0.00	0.00	170.50	123.60	136.60	211.40	487.60	396.30	47.70	2.50
1972	0.00	0.00	0.00	4.10	220.50	184.50	83.40	44.00	88.80	140.30	44.30	49.50
1973	0.00	2.50	0.00	0.00	198.00	172.30	239.60	450.00	439.40	551.60	24.10	0.00
1974	0.50	0.00	0.00	0.00	180.50	365.60	110.00	175.90	762.40	352.20	8.10	0.00
1975	0.00	0.00	0.00	0.00	192.40	136.80	96.10	217.80	565.70	416.50	271.50	0.00
1976	0.00	0.00	0.00	2.30	33.50	185.40	0.00	0.20	22.80	5.60	89.00	0.30
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	267.10	255.90	14.00	50.50	163.00	203.90	40.00	0.00
1978	0.00	0.00	5.20	3.50	231.80	65.70	259.70	179.20	372.20	336.90	33.50	48.00
1979	0.20	0.00	0.00	80.10	105.60	132.41	71.59	169.45	676.82	244.57	62.81	6.65
1980	6.65	6.65	6.65	6.65	126.71	161.64	92.99	50.32	207.79	137.22	95.90	22.91
1981	6.65	6.65	45.56	6.65	322.53	397.29	107.97	202.97	193.38	323.81	8.50	11.76
1982	34.77	6.65	6.65	6.65	869.23	96.18	7.60	15.00	384.00	84.60	3.20	16.60
1983	0.10	0.20	7.10	0.10	50.20	207.70	74.40	173.70	305.90	244.00	96.40	17.40
1984	0.00	0.00	0.60	1.40	153.40	166.80	171.40	83.00	458.60	148.40	74.50	0.00
1985	0.00	0.00	0.00	77.00	88.70	158.40	258.00	214.90	214.50	425.20	178.60	6.30
1986	0.00	6.40	3.10	0.00	650.30	277.40	13.20	48.60	176.70	198.20	10.00	0.00
1987	3.20	0.00	8.35	6.65	118.40	195.51	117.34	108.75	220.43	126.36	6.79	7.01
1988	6.65	6.65	7.08	7.93	194.73	188.62	171.23	526.87	280.85	349.94	19.08	7.22
1989	6.65	6.65	6.65	6.65	49.82	198.85	141.55	213.26	342.20	90.08	96.61	39.81
1990	6.65	6.65	6.65	77.65	105.91	47.69	64.59	76.09	238.47	207.51	72.54	7.43
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.30	30.60	53.80	0.00	0.00
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	34.30	50.50	17.60	30.70	70.30	12.40	13.00	0.00
1993	0.00	0.00	0.00	5.50	83.40	60.00	15.70	26.90	420.40	35.90	14.30	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	32.00	68.00	72.60	10.40	196.90	192.30	195.70	156.70	16.50
1995	0.00	0.00	0.00	16.50	98.50	183.20	125.10	409.90	253.20	404.10	25.20	28.60
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	192.00	204.80	287.40	190.10	312.90	551.60	375.70	0.00
1997	0.00	0.00	0.00	14.80	51.00	284.30	20.90	21.70	141.20	194.60	0.00	0.00
1998	0.00	0.00	0.00	20.50	71.90	77.20	128.80	188.20	352.90	945.90	85.40	0.00
1999	0.00	0.00	0.00	30.20	126.00	96.80	56.40	152.00	569.80	125.30	81.40	0.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	17.40	43.10	55.40	39.20	453.80	212.40	47.40	0.00

Tabla A15a

Chinandega (Rellenada y corregida)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	0.40	0.00	0.00	109.20	316.70	128.00	248.00	376.40	304.70	255.10	92.30	68.00
1971	1.90	0.00	0.00	0.00	200.80	175.80	173.70	265.10	627.20	385.60	124.70	1.20
1972	0.30	0.00	0.00	2.60	351.00	162.00	92.80	79.40	134.30	126.50	48.20	18.70
1973	0.00	0.00	63.70	8.20	297.60	375.80	163.80	423.60	523.30	530.40	13.60	2.20
1974	0.20	0.00	0.00	2.00	163.30	421.70	128.00	213.20	898.60	268.70	5.80	0.00
1975	1.10	0.00	0.00	2.40	248.40	161.20	197.70	321.80	497.00	532.10	138.30	0.00
1976	0.00	0.00	0.00	3.50	22.70	512.00	175.20	165.20	106.10	259.20	96.30	0.00
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	391.10	278.00	97.40	188.40	218.80	167.90	122.50	9.10
1978	0.00	0.10	31.70	21.70	339.60	270.00	298.90	267.70	468.00	269.30	29.30	42.50
1979	0.30	0.00	0.00	81.90	63.30	448.40	177.50	414.90	915.50	545.40	32.30	2.30
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	251.00	229.20	455.20	349.30	485.10	317.50	56.90	6.90
1981	0.20	0.30	4.60	10.10	570.10	513.40	195.00	379.30	255.00	541.10	6.90	7.90
1982	6.90	1.80	0.40	0.00	1685.70	129.20	94.20	15.30	359.20	163.80	9.70	1.60
1983	0.00	0.40	23.10	23.90	120.50	379.80	151.40	204.80	358.90	319.20	83.10	12.10
1984	1.00	0.00	3.70	9.50	157.30	382.00	259.50	295.50	643.30	149.40	10.20	0.00
1985	0.00	0.00	0.00	53.90	129.40	192.50	241.90	314.30	274.60	751.10	187.20	0.50
1986	0.00	5.70	6.20	0.00	489.20	199.20	59.60	182.80	244.10	162.50	15.70	2.30
1987	0.10	0.00	0.20	0.00	37.90	350.30	264.10	156.90	383.20	257.50	31.10	5.50
1988	0.00	0.00	6.10	1.30	216.40	382.30	285.00	734.20	378.00	389.00	49.70	0.90
1989	0.20	0.00	0.00	2.10	120.20	473.60	212.00	300.50	633.90	212.10	60.90	46.40
1990	0.10	0.00	0.00	52.40	260.50	193.30	165.80	156.40	393.40	281.50	138.70	8.50
1991	0.30	0.00	0.00	28.70	187.60	291.10	55.00	202.90	130.50	249.50	82.00	9.70
1992	0.00	28.00	0.00	5.40	141.10	271.50	191.50	172.80	463.00	62.10	27.10	0.80
1993	17.00	0.00	0.00	125.30	458.70	483.00	57.80	226.90	789.70	238.10	9.40	0.30
1994	0.50	0.00	0.00	94.50	183.70	50.70	77.50	249.00	236.70	174.60	132.30	5.20
1995	0.00	0.00	19.80	33.80	91.10	357.30	220.90	516.70	417.30	738.90	27.50	33.10
1996	11.50	0.00	3.80	0.00	343.90	229.20	542.40	250.70	411.80	527.20	331.40	0.00
1997	7.40	0.00	0.00	10.80	35.10	519.90	96.50	88.30	221.50	157.90	85.00	7.60
1998	0.00	0.00	8.40	24.00	74.20	225.20	393.20	399.80	438.30	1985.50	229.20	2.90
1999	6.40	6.40	2.90	3.60	173.20	339.60	182.50	272.30	939.00	364.90	121.70	10.00
2000	0.00	0.00	0.00	4.40	246.70	180.00	249.20	179.20	444.10	336.80	25.20	3.00
Prom	1.80	1.38	5.63	23.07	269.94	300.17	200.10	269.79	438.52	378.08	78.20	9.97

Tabla A15b

Ingenio Monte Rosa (Rellenada y corregida)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	0.00	0.00	0.00	50.80	187.00	35.60	232.40	416.80	367.10	127.00	72.30	0.00
1971	2.80	0.00	0.00	0.00	145.90	170.10	147.50	237.10	548.70	311.40	74.90	0.00
1972	0.00	0.00	0.00	0.00	248.30	172.80	29.30	25.30	116.54	110.85	53.69	32.15
1973	0.00	0.00	0.00	0.00	108.40	246.30	175.10	489.90	523.10	482.50	15.20	0.00
1974	0.00	0.00	0.00	0.00	239.20	373.20	187.90	238.20	558.80	210.60	0.00	0.00
1975	0.00	0.00	0.00	0.00	327.60	109.20	250.90	248.90	408.90	423.60	157.40	0.00
1976	0.00	0.00	0.00	20.30	20.60	520.70	71.10	109.30	185.60	160.00	68.60	0.00
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	403.70	241.10	142.20	119.40	376.10	148.50	67.40	0.00
1978	0.00	0.00	0.00	22.80	269.20	358.20	395.90	292.10	449.30	208.30	38.10	60.80
1979	0.00	0.00	0.00	96.50	127.00	388.50	172.70	670.40	799.90	406.50	38.10	0.00
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	226.10	299.70	213.30	182.90	358.00	373.10	0.00	0.00
1981	0.00	0.00	0.00	0.00	393.80	434.30	304.80	337.90	322.60	340.50	0.00	0.00
1982	0.00	0.00	0.00	10.10	858.50	111.70	87.27	29.67	280.72	138.07	25.58	19.67
1983	0.00	1.00	0.00	0.00	35.00	87.00	82.00	144.00	298.00	308.00	94.00	0.00
1984	0.00	0.00	0.00	0.00	133.33	297.36	207.94	310.00	429.50	155.00	22.00	0.00
1985	0.00	0.00	0.00	17.50	121.00	227.50	298.50	247.94	218.96	566.80	155.16	18.87
1986	0.00	0.00	0.00	0.00	342.00	235.00	82.00	154.00	71.00	296.00	23.00	0.00
1987	18.57	18.50	18.65	18.50	46.17	274.22	211.29	133.04	298.24	206.48	41.20	22.52
1988	18.50	18.50	22.95	19.45	176.47	297.58	226.55	554.47	294.44	302.47	54.78	19.16
1989	18.65	18.50	18.50	20.03	106.25	364.23	173.26	237.87	481.25	173.33	62.96	52.37
1990	18.57	18.50	18.50	56.75	208.67	159.61	139.53	132.67	305.68	224.00	119.75	24.71
1991	18.72	18.50	18.50	39.45	155.45	231.00	58.65	166.62	113.77	200.64	78.36	25.58
1992	18.50	38.94	18.50	22.44	121.50	216.70	158.30	144.64	356.49	63.83	38.28	19.08
1993	30.91	18.50	18.50	109.97	353.35	371.09	60.69	184.14	594.98	192.31	25.36	18.72
1994	18.87	18.50	18.50	87.49	152.60	55.51	75.08	200.27	191.29	145.96	115.08	22.30
1995	18.50	18.50	32.95	43.17	85.00	279.33	179.76	395.69	323.13	557.90	38.58	42.66
1996	26.90	18.50	21.27	18.50	269.55	185.82	414.45	201.51	319.11	403.36	260.42	18.50
1997	23.90	18.50	18.50	26.38	44.12	398.03	88.95	82.96	180.20	133.77	80.55	24.05
1998	18.50	18.50	24.63	36.02	72.67	182.90	305.54	310.35	338.46	1467.92	185.82	20.62
1999	23.17	23.17	20.62	21.13	144.94	266.41	151.73	217.28	703.97	284.88	107.34	25.80
2000	18.50	18.50	18.50	21.71	198.59	149.90	200.42	149.32	342.69	264.36	36.90	20.69
Prom	9.47	9.20	9.33	24.48	203.93	249.70	178.23	237.57	359.89	302.84	69.38	15.75

Tabla A15c

Holanda (Rellenada y corregida)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	0.00	0.00	0.00	0.00	490.20	297.00	426.40	810.40	726.80	614.80	173.80	20.30
1971	0.00	0.00	0.00	0.00	198.03	173.78	171.74	260.40	611.63	377.28	124.21	4.41
1972	0.00	0.00	0.00	0.00	411.20	244.00	109.20	106.90	193.10	125.96	50.00	21.39
1973	3.25	3.25	65.04	11.20	291.92	367.78	162.14	414.14	510.85	517.74	16.44	5.38
1974	0.00	0.00	0.00	0.00	363.30	721.40	177.80	252.90	1117.20	17.80	0.00	0.00
1975	4.32	3.25	3.25	5.58	244.20	159.61	195.02	685.60	698.40	330.10	86.30	0.00
1976	3.25	3.25	3.25	6.65	25.27	499.89	173.19	163.49	106.17	254.67	96.66	3.25
1977	3.25	3.25	3.25	3.25	382.62	272.91	97.73	186.00	215.49	166.11	122.08	12.08
1978	3.25	3.35	34.00	24.30	332.66	265.15	293.18	262.92	457.21	264.47	31.67	44.48
1979	0.00	0.00	0.00	88.80	33.00	370.80	106.60	205.80	726.40	482.50	20.30	0.00
1980	0.00	0.00	0.00	15.20	208.20	259.10	134.60	116.80	413.90	459.80	33.10	0.00
1981	0.00	0.00	0.00	12.70	490.20	607.60	248.90	510.50	144.60	421.70	0.00	0.00
1982	9.94	5.00	3.64	3.25	1638.38	128.57	94.62	18.09	351.67	162.14	12.66	4.80
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	86.20	441.40	60.50	172.10	436.40	253.60	73.50	0.00
1984	0.00	0.00	0.00	0.00	88.80	302.20	294.50	327.50	574.00	203.40	17.80	0.00
1985	0.00	0.00	0.00	7.60	233.80	185.00	164.70	146.80	162.50	482.50	88.90	0.00
1986	0.00	0.00	0.00	0.00	469.60	134.60	50.80	111.80	134.50	135.90	38.10	0.00
1987	3.35	3.25	3.44	3.25	40.01	343.04	259.43	155.44	374.95	253.03	33.42	8.59
1988	3.25	3.25	9.17	4.51	213.16	374.08	279.70	715.42	369.91	380.58	51.46	4.12
1989	3.44	3.25	3.25	5.29	119.84	462.64	208.89	294.74	618.13	208.99	62.32	48.26
1990	3.35	3.25	3.25	54.08	255.94	190.75	164.08	154.96	384.85	276.31	137.79	11.50
1991	3.54	3.25	3.25	31.09	185.22	285.62	56.60	200.06	129.84	245.27	82.79	12.66
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	54.20	0.00	0.00	170.87	452.36	63.49	29.54	4.03
1993	19.74	3.25	3.25	124.79	448.19	471.76	59.32	223.34	769.26	234.21	12.37	3.54
1994	3.74	3.25	3.25	94.92	181.44	52.43	78.43	244.78	232.85	172.61	131.58	8.29
1995	3.25	3.25	22.46	36.04	91.62	349.83	217.52	504.45	408.03	719.98	29.93	35.36
1996	14.41	3.25	6.94	3.25	336.83	225.57	529.38	246.43	402.70	514.63	324.71	3.25
1997	10.43	3.25	3.25	13.73	37.30	507.55	96.86	88.90	218.11	156.41	85.70	10.62
1998	3.25	3.25	11.40	26.53	75.22	221.69	384.65	391.06	428.40	1929.19	225.57	6.06
1999	9.46	9.46	6.06	6.74	171.25	332.66	180.28	267.38	914.08	357.20	121.30	12.95
2000	3.25	3.25	3.25	7.52	242.55	177.85	244.97	177.07	434.03	329.95	27.69	6.16
Prom	3.60	2.25	6.28	19.04	272.27	304.07	184.57	277.00	442.53	358.46	75.54	9.40

Tabla A15d

Hacienda El Paraíso (Rellenada y corregida)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	28.65	28.36	28.36	106.98	256.38	120.52	206.92	299.37	247.74	212.03	94.82	77.32
1971	29.73	28.36	28.36	28.36	172.94	154.94	153.42	219.23	479.94	305.99	118.14	29.22
1972	0.00	0.00	0.00	0.00	347.90	219.70	70.30	145.60	188.20	132.50	32.80	0.00
1973	0.00	0.00	0.00	20.50	160.20	384.50	153.50	461.00	554.00	586.50	9.50	0.00
1974	0.00	0.00	0.00	0.00	216.50	303.70	95.50	192.00	1006.00	181.50	3.00	0.00
1975	0.00	0.00	0.00	0.00	135.00	144.00	153.90	233.40	391.00	276.00	107.00	0.00
1976	0.00	0.00	0.00	0.00	49.70	367.00	97.00	115.00	533.00	221.00	59.00	0.00
1977	0.00	0.00	0.00	1.00	300.00	378.00	44.50	168.00	254.00	99.50	122.00	0.00
1978	0.00	0.00	26.00	36.00	265.50	384.50	633.00	401.50	530.00	199.00	0.00	0.00
1979	0.00	0.00	0.00	5.00	99.00	230.50	193.00	434.50	616.00	508.00	16.00	0.00
1980	28.36	28.36	28.36	28.36	209.08	193.38	356.10	279.86	377.63	256.96	69.33	33.33
1981	28.50	28.58	31.67	35.63	438.83	398.01	168.76	301.46	211.96	417.95	33.33	34.05
1982	0.00	0.00	0.00	19.50	803.60	108.50	96.18	39.38	286.98	146.30	35.34	29.51
1983	0.00	28.65	12.20	21.20	115.12	301.82	137.37	175.82	286.77	258.18	88.19	37.07
1984	29.08	28.36	31.02	35.20	141.62	303.40	215.20	241.12	491.54	135.93	35.70	28.36
1985	28.36	28.36	28.36	67.17	121.53	166.96	202.53	254.66	226.07	569.15	163.14	28.72
1986	28.36	32.46	32.82	28.36	380.58	171.78	71.27	159.98	204.11	145.36	39.66	30.02
1987	28.43	28.36	28.50	28.36	55.65	280.58	218.51	141.33	304.26	213.76	50.75	32.32
1988	28.36	28.36	32.75	29.30	184.17	303.62	233.56	556.98	300.52	308.44	64.14	29.01
1989	28.50	28.36	28.36	29.87	114.90	369.35	181.00	244.72	484.77	181.07	72.21	61.77
1990	28.43	28.36	28.36	66.09	215.92	167.54	147.74	140.97	311.61	231.04	128.22	34.48
1991	28.58	28.36	28.36	49.02	163.43	237.95	67.96	174.45	122.32	208.00	87.40	35.34
1992	28.36	48.52	28.36	32.25	129.95	223.84	166.24	152.78	361.72	73.07	47.87	28.94
1993	40.60	28.36	28.36	118.58	358.62	376.12	69.98	191.73	596.94	199.79	35.13	28.58
1994	28.72	28.36	28.36	96.40	160.62	64.86	84.16	207.64	198.78	154.07	123.62	32.10
1995	28.36	28.36	42.62	52.70	93.95	285.62	187.41	400.38	328.82	560.37	48.16	52.19
1996	36.64	28.36	31.10	28.36	275.97	193.38	418.89	208.86	324.86	407.94	266.97	28.36
1997	33.69	28.36	28.36	36.14	53.63	402.69	97.84	91.94	187.84	142.05	89.56	33.83
1998	28.36	28.36	34.41	45.64	81.78	190.50	311.46	316.22	343.94	1457.92	193.38	30.45
1999	32.97	32.97	30.45	30.95	153.06	272.87	159.76	224.42	704.44	291.09	115.98	35.56
2000	28.36	28.36	28.36	31.53	205.98	157.96	207.78	157.38	348.11	270.86	46.50	30.52
Prom	20.30	21.07	21.74	35.76	208.42	253.49	180.67	236.50	380.77	301.66	77.32	26.49

Tabla A15e

Balsamos (Rellenada y corregida)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	0.00	0.00	0.00	0.00	339.50	200.70	190.40	340.90	266.10	267.90	60.90	20.30
1971	0.00	0.00	0.00	0.00	189.19	165.94	163.99	248.99	585.75	361.06	155.00	0.00
1972	0.00	0.00	0.00	0.00	264.20	127.00	45.80	84.00	129.70	120.10	47.28	19.84
1973	2.45	2.45	61.69	10.08	279.22	351.94	154.78	396.40	489.12	495.72	15.10	4.50
1974	0.00	0.00	0.00	0.00	182.80	434.30	149.90	172.80	822.90	17.80	0.00	0.00
1975	3.47	2.45	2.45	4.68	233.46	152.37	186.31	301.72	464.66	497.30	131.07	2.45
1976	2.45	2.45	2.45	5.71	23.56	478.61	165.39	156.09	101.12	243.51	92.01	2.45
1977	2.45	2.45	2.45	2.45	366.17	260.99	93.03	177.66	205.93	158.60	116.38	10.91
1978	2.45	2.54	31.93	22.63	318.28	253.55	280.43	251.41	437.69	252.90	29.70	41.98
1979	0.00	0.00	0.00	69.80	27.90	411.50	167.53	330.10	787.40	581.70	45.70	5.10
1980	0.00	0.00	0.00	10.20	312.40	312.50	251.40	233.60	495.20	426.80	48.30	0.00
1981	0.00	0.00	0.00	22.90	624.80	584.10	218.40	642.60	139.70	634.90	0.00	0.00
1982	0.00	0.00	0.00	30.50	1435.10	43.20	90.06	16.68	336.51	154.78	11.47	3.94
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	114.20	411.40	121.90	302.20	492.80	264.20	50.90	0.00
1984	0.00	0.00	0.00	0.00	127.00	208.30	256.40	253.90	675.10	190.60	30.50	0.00
1985	0.00	0.00	0.00	20.40	200.60	246.30	235.40	217.40	79.80	525.70	114.30	0.00
1986	0.00	0.00	0.00	0.00	980.40	306.10	106.60	60.00	185.60	111.70	12.70	0.00
1987	2.54	2.45	2.64	2.45	37.70	328.23	248.06	148.37	358.83	241.93	31.37	7.57
1988	2.45	2.45	8.12	3.66	203.70	357.99	267.50	685.26	353.99	364.22	48.67	3.29
1989	2.64	2.45	2.45	4.40	114.24	442.90	199.61	281.92	591.98	199.70	59.09	45.60
1990	2.54	2.45	2.45	51.18	244.72	182.22	156.64	147.90	368.31	264.25	131.44	10.36
1991	2.73	2.45	2.45	29.14	176.92	273.17	53.60	191.15	123.82	234.49	78.71	11.47
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	34.30	299.70	254.00	163.15	433.04	60.20	27.65	3.19
1993	18.26	2.45	2.45	118.98	429.04	451.64	56.20	213.47	736.87	223.88	11.19	2.73
1994	2.92	2.45	2.45	90.34	173.29	49.60	74.53	234.02	222.58	164.83	125.49	7.29
1995	2.45	2.45	20.86	33.88	87.17	334.74	207.89	482.98	390.54	689.63	28.03	33.23
1996	13.15	2.45	5.98	2.45	322.28	215.61	506.88	235.60	385.42	492.75	310.65	2.45
1997	9.33	2.45	2.45	12.49	35.09	485.96	92.20	84.57	208.45	149.30	81.50	9.52
1998	2.45	2.45	10.26	24.77	71.46	211.89	368.13	374.26	410.07	1848.97	215.61	5.15
1999	8.40	8.40	5.15	5.80	163.53	318.28	172.18	255.69	875.72	341.81	115.63	11.75
2000	2.45	2.45	2.45	6.54	231.88	169.85	234.21	169.11	415.46	315.67	25.89	5.24
Prom	2.76	1.62	5.52	18.88	269.16	292.60	186.11	253.35	405.49	351.51	72.65	8.72

Tabla A15f

León aeropuerto (Rellenada y corregida)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	12.03	12.97	12.03	35.98	233.99	169.32	158.82	326.62	395.53	386.09	315.64	33.03
1971	12.03	12.03	12.03	12.03	213.22	157.88	173.22	261.48	587.40	479.66	68.32	14.98
1972	12.03	12.03	12.03	16.87	272.22	229.74	110.44	63.95	116.81	177.58	64.30	70.44
1973	12.03	14.98	12.03	12.03	245.67	215.34	294.76	543.03	530.52	662.92	40.47	12.03
1974	12.62	12.03	12.03	12.03	225.02	443.44	81.70	146.50	885.70	191.40	3.50	0.00
1975	12.03	0.00	0.00	0.00	243.10	86.40	98.20	162.30	704.00	488.90	201.50	0.00
1976	0.00	0.00	0.00	5.00	53.80	211.60	13.20	52.70	41.60	142.50	94.00	0.00
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	291.40	227.20	10.90	68.60	194.20	147.70	84.40	0.00
1978	0.00	0.00	2.30	0.50	331.00	121.70	320.40	276.30	471.80	191.40	37.80	0.00
1979	0.00	0.00	0.00	106.55	136.64	177.13	91.46	229.30	943.90	335.10	79.10	0.00
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	169.10	218.30	121.60	61.50	283.30	183.90	125.70	22.90
1981	0.00	0.00	54.80	0.00	444.90	550.20	142.70	276.50	263.00	446.70	2.60	7.20
1982	39.60	0.00	0.00	0.00	1214.90	126.10	8.10	7.50	383.30	110.00	1.00	13.50
1983	0.40	0.00	1.40	2.80	91.80	158.20	59.80	94.00	308.00	251.80	176.20	9.80
1984	0.00	0.10	1.00	11.30	150.00	184.80	121.20	94.00	507.80	151.00	27.10	0.00
1985	0.00	0.00	0.00	75.20	66.40	146.90	229.50	230.90	179.20	595.70	91.20	1.90
1986	0.00	5.70	1.00	0.00	470.90	251.90	15.50	84.40	170.00	238.10	9.70	0.00
1987	1.80	0.00	2.40	0.00	157.40	266.00	155.90	143.80	301.10	168.60	0.20	0.50
1988	0.00	0.00	0.60	1.80	264.90	256.30	231.80	732.70	386.20	483.50	17.50	0.80
1989	0.00	0.00	0.00	0.00	60.80	270.70	190.00	291.00	472.60	117.50	126.70	46.70
1990	0.00	0.00	0.00	100.00	139.80	57.80	81.60	97.80	326.50	282.90	92.80	1.10
1991	1.40	0.00	0.00	61.00	274.80	188.60	24.30	92.90	209.10	203.30	33.30	1.20
1992	0.00	3.30	0.00	0.00	59.10	173.90	19.60	129.80	376.70	39.30	49.20	13.00
1993	2.30	0.00	0.30	4.90	474.80	322.50	16.90	128.90	681.40	89.20	38.40	0.00
1994	0.50	0.00	1.70	81.80	131.70	106.10	1.80	218.00	295.80	239.00	282.80	0.00
1995	0.00	0.00	5.50	13.90	150.40	275.70	193.00	390.70	441.10	645.90	12.30	21.20
1996	8.40	0.00	0.00	1.60	255.90	202.70	336.30	203.00	319.20	495.30	430.60	0.00
1997	0.60	0.00	0.00	13.10	42.30	543.10	32.50	36.80	145.20	227.20	58.20	0.00
1998	0.00	0.00	0.60	15.00	76.10	114.30	132.70	245.70	495.00	1338.60	129.30	0.20
1999	0.00	0.00	0.90	12.10	98.10	257.80	83.80	211.30	1107.90	336.30	116.40	0.50
2000	0.30	0.00	0.00	0.00	93.40	112.00	64.20	116.90	703.60	279.20	109.40	0.10
Prom	4.13	2.36	4.28	19.21	230.11	220.12	116.64	194.16	426.69	326.65	94.18	8.74

Tabla A15f

San Jacinto (Rellenada y corregida)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	15.00	14.72	14.72	91.53	237.49	104.76	189.17	279.48	229.05	194.16	79.65	62.55
1971	16.06	14.72	14.72	14.72	155.96	138.38	136.90	201.19	455.90	285.95	102.44	15.57
1972	0.00	0.00	0.00	0.00	326.90	201.65	55.69	129.26	170.88	116.46	19.06	0.00
1973	0.00	0.00	0.00	7.04	143.52	362.65	136.98	437.39	528.24	560.00	0.00	0.00
1974	0.00	0.00	0.00	0.00	198.52	283.71	80.31	174.59	969.83	164.33	0.00	0.00
1975	0.00	0.00	0.00	0.00	118.90	127.70	137.37	215.04	369.00	256.65	91.55	0.00
1976	0.00	0.00	0.00	0.00	35.57	345.56	81.78	99.36	507.73	202.92	44.66	0.00
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	280.10	356.30	30.49	151.14	235.16	84.22	106.20	0.00
1978	0.00	0.00	12.42	22.19	246.40	362.65	605.42	379.26	504.80	181.43	0.00	0.00
1979	0.00	0.00	0.00	0.00	83.73	212.20	175.57	411.50	588.82	483.31	2.65	0.00
1980	14.72	14.72	14.72	14.72	191.28	175.94	334.91	260.42	355.94	238.05	54.75	19.58
1981	14.86	14.93	17.96	21.83	415.73	375.85	151.89	281.52	194.09	395.33	19.58	20.28
1982	0.00	0.00	0.00	6.07	772.09	93.01	80.98	25.48	267.38	129.94	21.54	15.85
1983	0.00	15.00	0.00	7.73	99.48	281.87	121.22	158.78	267.17	239.25	73.17	23.23
1984	15.42	3.60	26.00	34.00	157.00	233.40	168.00	170.20	574.40	91.70	29.80	0.00
1985	0.00	0.00	0.00	58.30	131.90	102.40	189.80	250.50	275.80	650.80	367.70	0.00
1986	0.00	15.00	0.00	0.80	716.30	253.80	43.50	218.00	156.80	409.20	30.40	0.00
1987	5.40	3.60	0.00	0.00	58.10	262.20	291.20	141.10	370.80	296.50	17.40	8.40
1988	0.40	0.00	10.00	6.30	198.50	261.10	152.30	581.80	564.40	288.35	58.90	3.50
1989	14.86	14.72	14.72	16.20	99.27	347.85	163.84	226.09	460.61	163.91	57.56	47.36
1990	14.79	14.72	14.72	51.58	197.96	150.69	131.35	124.73	291.44	212.73	112.28	20.70
1991	14.93	14.72	14.72	34.91	146.68	219.48	53.41	163.10	191.50	228.50	9.80	12.10
1992	14.72	34.42	14.72	18.52	113.97	205.70	149.42	89.20	503.80	46.90	19.00	0.00
1993	26.50	0.00	0.80	109.50	317.50	244.30	54.60	89.30	560.70	63.00	0.00	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	41.40	298.90	81.50	7.60	87.90	227.10	122.90	92.40	0.00
1995	0.00	0.00	15.90	117.60	334.40	252.40	57.40	377.60	275.30	457.80	0.00	18.10
1996	0.00	0.00	21.20	12.30	181.20	177.40	233.60	240.80	256.30	187.60	107.70	0.00
1997	0.60	0.40	0.00	28.10	53.80	399.00	83.00	60.60	243.10	191.80	57.70	0.00
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	88.30	72.50	170.40	204.90	396.10	1302.80	219.70	0.00
1999	0.00	0.00	0.00	0.00	24.20	162.90	135.20	152.50	670.40	238.80	95.70	0.00
2000	2.50	0.00	0.00	40.00	128.20	156.80	149.70	161.70	505.90	321.60	30.00	12.60
Prom	5.51	5.65	6.69	24.37	211.35	225.99	146.87	211.11	392.53	284.09	61.98	9.03

Tabla A15g

Precipitaciones anuales acumuladas:

Estaciones con influencia en la cuenca del Río Chiquito de León

Est.	León		León aeropuerto		San Jacinto		Promedio
Año	Prec. Anual	Acumulado	Prec. Anual	Acumulado	Prec. Anual	Acumulado	Acumulado
1970	1650.60	1650.60	2092.07	2092.07	1512.28	1512.28	1751.65
1971	1576.20	3226.80	2004.28	4096.34	1552.51	3064.79	3462.65
1972	859.40	4086.20	1158.45	5254.80	1019.90	4084.69	4475.23
1973	2077.50	6163.70	2595.81	7850.61	2175.82	6260.51	6758.27
1974	1955.20	8118.90	2025.97	9876.57	1871.30	8131.81	8709.10
1975	1896.80	10015.70	1996.43	11873.00	1316.21	9448.02	10445.57
1976	339.10	10354.80	614.40	12487.40	1317.57	10765.59	11202.60
1977	994.40	11349.20	1024.40	13511.80	1243.62	12009.21	12290.07
1978	1535.70	12884.90	1753.20	15265.00	2314.56	14323.77	14157.89
1979	1550.20	14435.10	2099.18	17364.18	1957.77	16281.54	16026.94
1980	922.07	15357.18	1186.30	18550.48	1689.75	17971.29	17292.98
1981	1633.71	16990.88	2188.60	20739.08	1923.84	19895.13	19208.36
1982	1531.13	18522.01	1904.00	22643.08	1412.35	21307.48	20824.19
1983	1177.20	19699.21	1154.20	23797.28	1286.91	22594.39	22030.29
1984	1258.10	20957.31	1248.30	25045.58	1503.52	24097.91	23366.93
1985	1621.60	22578.91	1616.90	26662.48	2027.20	26125.11	25122.17
1986	1383.90	23962.81	1247.20	27909.68	1843.80	27968.91	26613.80
1987	918.79	24881.60	1197.70	29107.38	1454.70	29423.61	27804.20
1988	1766.83	26648.43	2376.10	31483.48	2125.55	31549.16	29893.69
1989	1198.76	27847.19	1576.00	33059.48	1627.00	33176.16	31360.94
1990	917.81	28765.00	1180.30	34239.78	1337.70	34513.86	32506.21
1991	102.70	28867.70	1089.90	35329.68	1103.86	35617.71	33271.70
1992	228.80	29096.50	863.90	36193.58	1210.37	36828.08	34039.39
1993	662.10	29758.60	1759.60	37953.18	1466.20	38294.28	35335.35
1994	941.10	30699.70	1359.20	39312.38	959.70	39253.98	36422.02
1995	1544.30	32244.00	2149.70	41462.08	1906.50	41160.48	38288.85
1996	2114.50	34358.50	2253.00	43715.08	1418.10	42578.58	40217.39
1997	728.50	35087.00	1099.00	44814.08	1118.10	43696.68	41199.25
1998	1870.80	36957.80	2547.50	47361.58	2454.70	46151.38	43490.25
1999	1237.90	38195.70	2225.10	49586.68	1479.70	47631.08	45137.82
2000	868.70	39064.40	1479.10	51065.78	1509.00	49140.08	46423.42

Tabla A16a

Estaciones con influencia en la cuenca del Río Atoya

Est.	Chinandega		Ingenio Monte Rosa		Holanda	
Año	Prec.	Acum.	Prec.	Acum.	Prec.	Acum.
1970	1898,80	1898,80	1489,00	1489,00	3559,70	3559,70
1971	1956,00	3854,80	1638,40	3127,40	1921,48	5481,18
1972	1015,80	4870,60	788,92	3916,32	1261,75	6742,93
1973	2402,20	7272,80	2040,50	5956,82	2369,13	9112,06
1974	2101,50	9374,30	1807,90	7764,72	2650,40	11762,46
1975	2100,00	11474,30	1926,50	9691,22	2415,63	14178,09
1976	1340,20	12814,50	1156,20	10847,42	1338,99	15517,08
1977	1473,20	14287,70	1498,40	12345,82	1468,00	16985,08
1978	2038,80	16326,50	2094,70	14440,52	2016,64	19001,72
1979	2681,80	19008,30	2699,60	17140,12	2034,20	21035,92
1980	2151,10	21159,40	1653,10	18793,22	1640,70	22676,62
1981	2483,90	23643,30	2133,90	20927,12	2436,20	25112,82
1982	2467,80	26111,10	1561,27	22488,40	2432,77	27545,59
1983	1677,20	27788,30	1049,00	23537,40	1523,70	29069,29
1984	1911,40	29699,70	1555,12	25092,52	1808,20	30877,49
1985	2145,40	31845,10	1872,22	26964,74	1471,80	32349,29
1986	1367,30	33212,40	1203,00	28167,74	1075,30	33424,59
1987	1486,80	34699,20	1307,36	29475,10	1481,20	34905,78
1988	2442,90	37142,10	2005,32	31480,42	2408,61	37314,39
1989	2061,90	39204,00	1727,19	33207,61	2039,04	39353,44
1990	1650,60	40854,60	1426,94	34634,55	1640,08	40993,52
1991	1237,30	42091,90	1125,23	35759,78	1239,18	42232,70
1992	1363,30	43455,20	1217,21	36976,98	774,48	43007,18
1993	2406,20	45861,40	1978,53	38955,51	2373,01	45380,19
1994	1204,70	47066,10	1101,43	40056,94	1207,56	46587,75
1995	2456,40	49522,50	2015,17	42072,11	2421,71	49009,46
1996	2651,90	52174,40	2157,89	44230,00	2611,34	51620,80
1997	1230,00	53404,40	1119,90	45349,90	1232,10	52852,90
1998	3780,70	57185,10	2981,91	48331,81	3706,28	56559,18
1999	2422,50	59607,60	1990,43	50322,24	2388,83	58948,00
2000	1668,60	61276,20	1440,08	51762,31	1657,54	60605,55

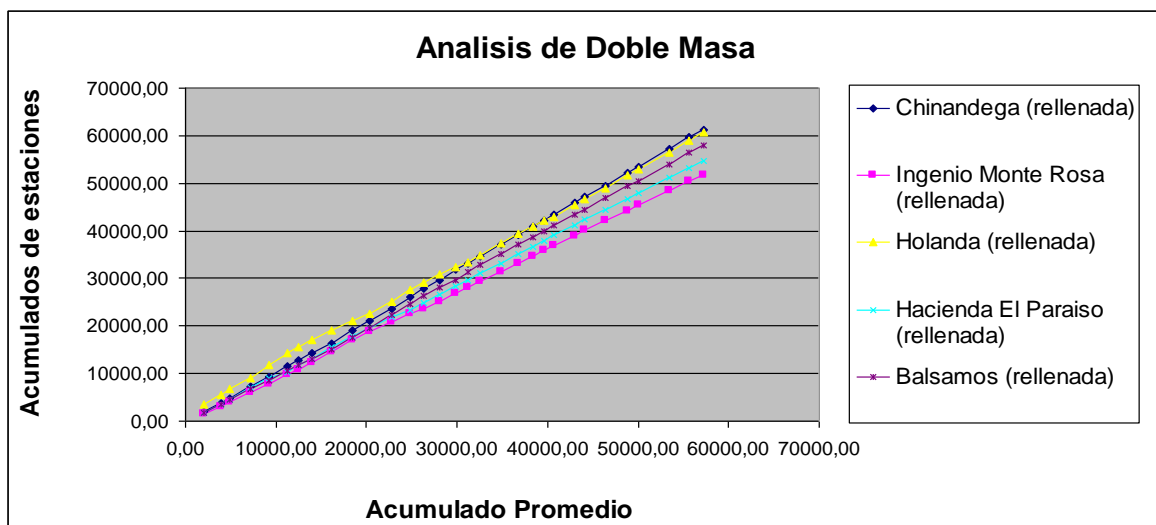
Tabla A16b

Est.	Hacienda El Paraíso		Balsamos		Promedio
Año	Prec.	Acum.	Acumulado	Acum.	Acum.
1970	1707,46	1707,46	1686,70	1686,70	2068,33
1971	1748,64	3456,10	1869,93	3556,63	3895,22
1972	1137,00	4593,10	837,91	4394,54	4903,50
1973	2329,70	6922,80	2263,45	6657,98	7184,49
1974	1998,20	8921,00	1780,50	8438,48	9252,19
1975	1440,30	10361,30	1982,40	10420,88	11225,16
1976	1441,70	11803,00	1275,79	11696,67	12535,73
1977	1367,00	13170,00	1399,48	13096,15	13976,95
1978	2475,50	15645,50	1925,48	15021,63	16087,17
1979	2102,00	17747,50	2426,73	17448,36	18476,04
1980	1889,11	19636,61	2090,40	19538,76	20360,92
1981	2128,73	21765,34	2867,40	22406,16	22770,95
1982	1565,30	23330,63	2122,23	24528,39	24800,82
1983	1462,38	24793,02	1757,60	26285,99	26294,80
1984	1716,53	26509,54	1741,80	28027,79	28041,41
1985	1885,01	28394,55	1639,90	29667,69	29844,27
1986	1324,78	29719,33	1763,10	31430,79	31190,97
1987	1410,82	31130,14	1412,12	32842,91	32610,63
1988	2099,21	33229,35	2301,30	35144,21	34862,10
1989	1824,89	35054,24	1946,97	37091,18	36782,09
1990	1528,75	36582,99	1564,46	38655,64	38344,26
1991	1231,18	37814,17	1180,09	39835,72	39546,85
1992	1321,90	39136,06	1275,24	41110,97	40737,28
1993	2072,78	41208,85	2267,17	43378,13	42956,82
1994	1207,70	42416,55	1149,77	44527,91	44131,05
1995	2108,93	44525,48	2313,85	46841,76	46394,26
1996	2249,69	46775,17	2495,67	49337,42	48827,56
1997	1225,92	48001,09	1173,30	50510,72	50023,80
1998	3062,42	51063,51	3545,45	54056,18	53439,16
1999	2084,52	53148,03	2282,33	56338,50	55672,87
2000	1541,71	54689,74	1581,20	57919,70	57250,70

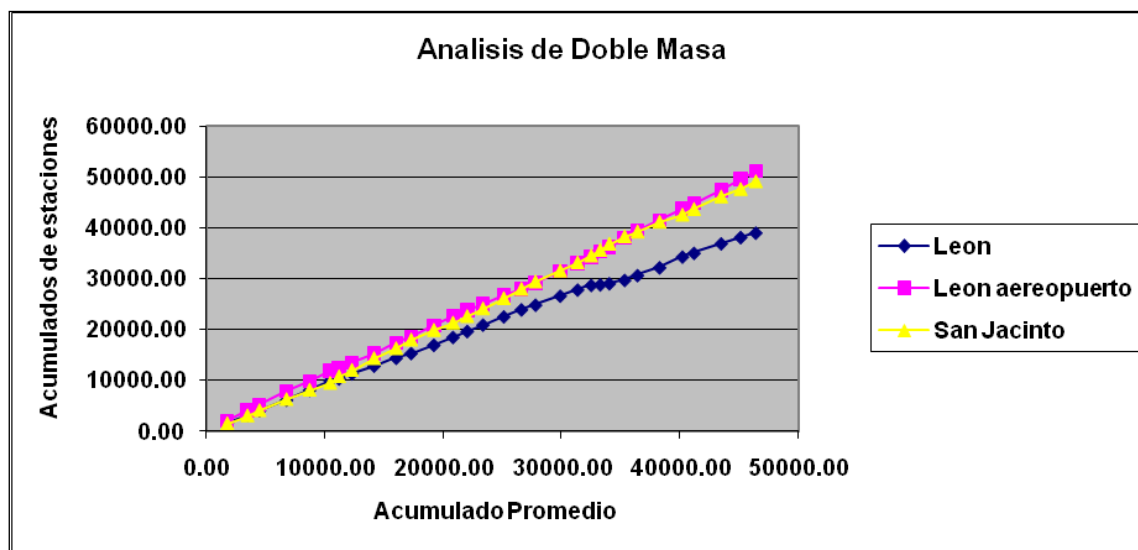
Tabla A16c

Gráficos de doble masa con Acumulados Promedio

Estaciones de la cuenca de Río Atoya

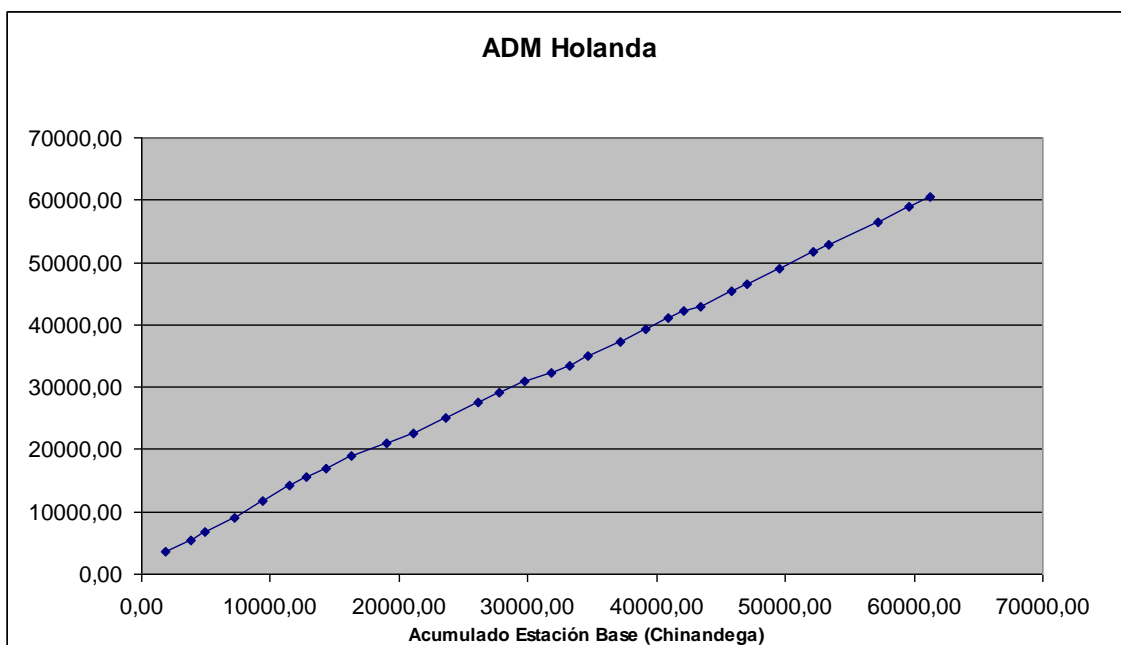
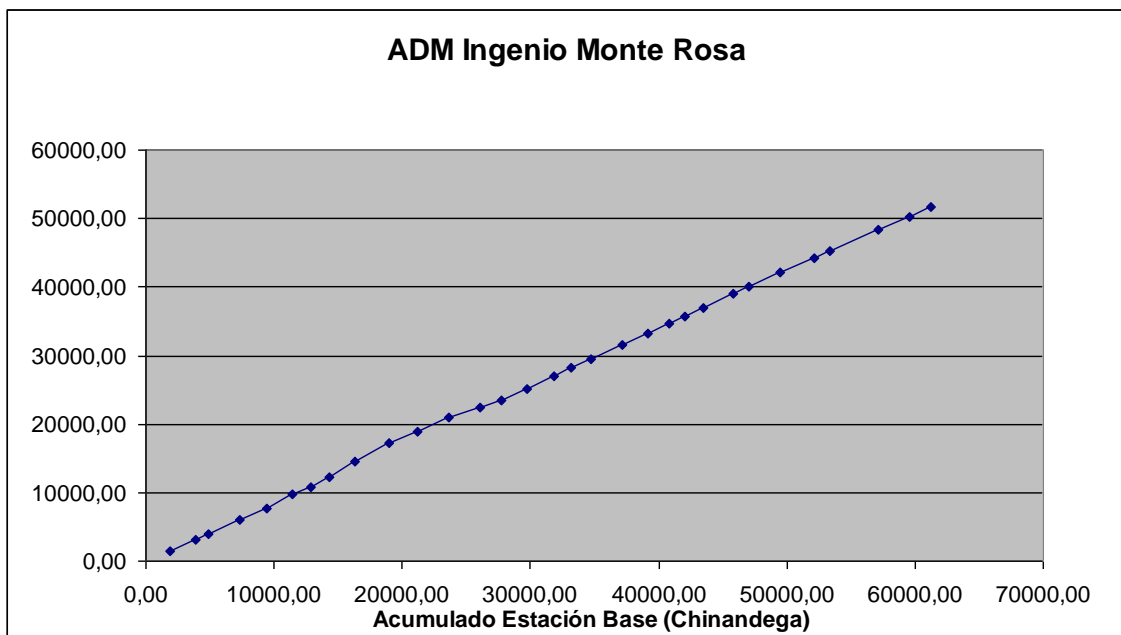


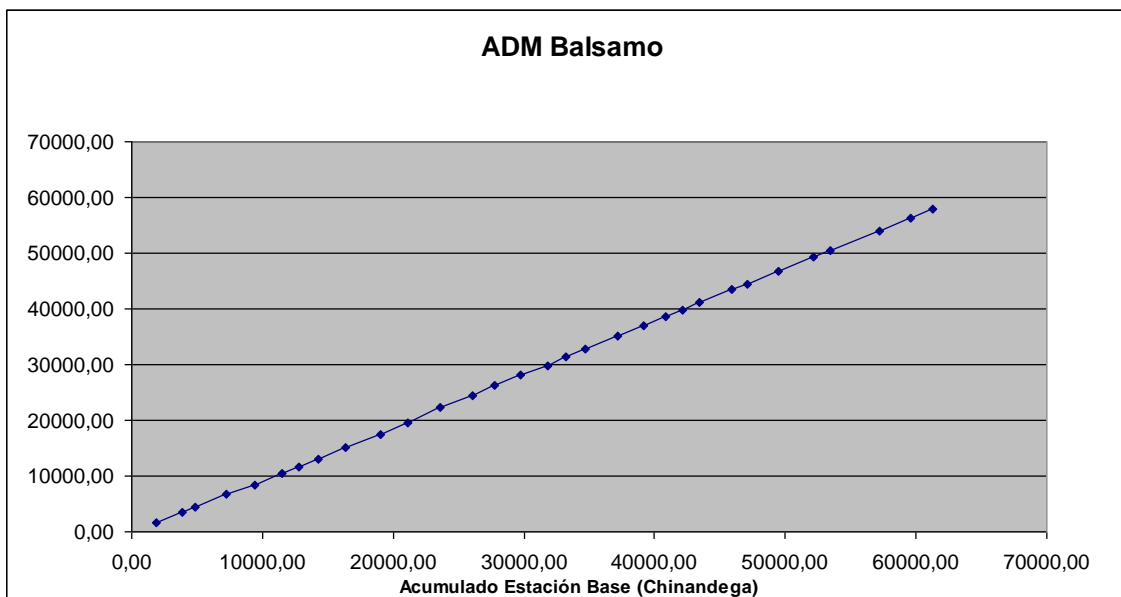
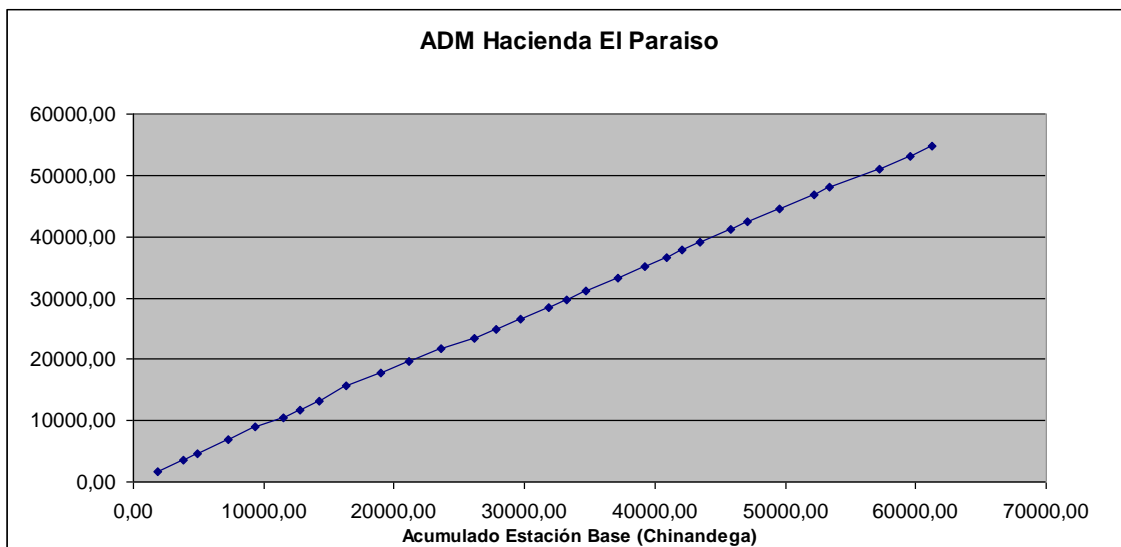
Estaciones de la cuenca de Río Chiquito



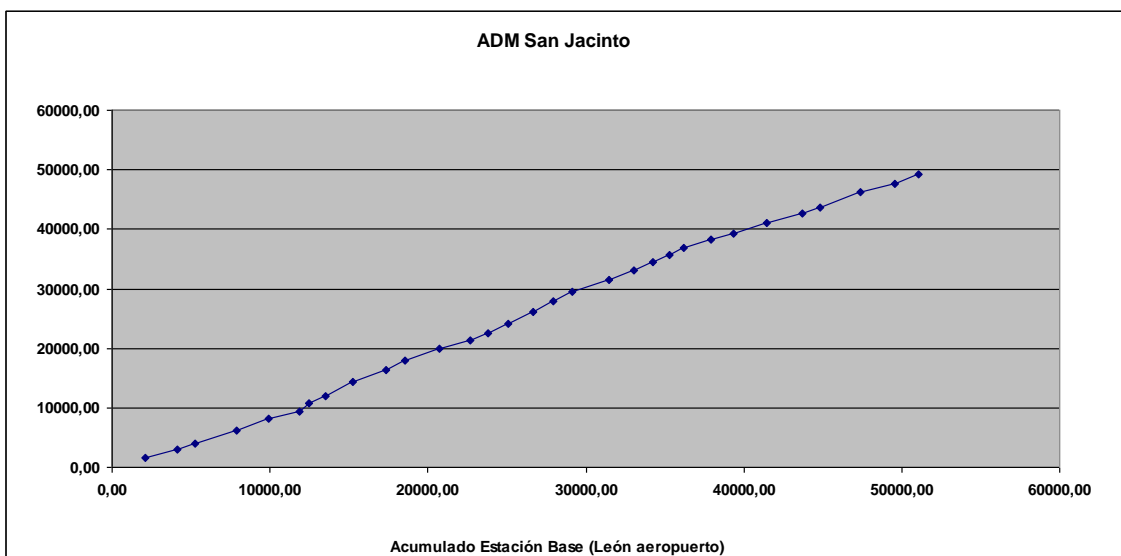
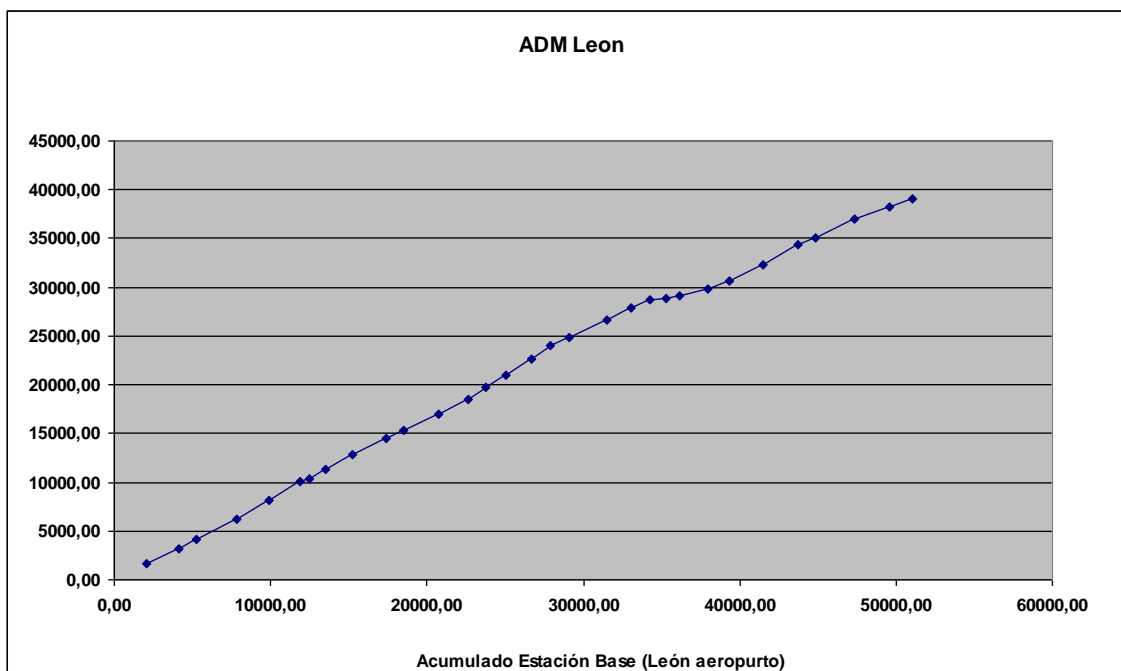
Gráficos de doble masa con Estacione Base

Estaciones de la cuenca de Río Atoya





Estaciones de la cuenca de Río Chiquito



Análisis Estación León

Estación León			
Nº	Año	Prec. Anual	(Xi-Xm)2
1	1970	1650.60	78870.02
2	1971	1576.20	42616.68
3	1972	859.40	260469.30
4	1973	2077.50	500893.18
5	1974	1955.20	342737.74
6	1975	1896.80	277769.13
7	1976	339.10	1062264.01
8	1977	994.40	140896.58
9	1978	1535.70	27535.44
10	1979	1550.20	32558.78
11	1980	922.07	200425.37
12	1981	1633.71	69666.47
13	1982	1531.13	26038.36
14	1983	1177.20	37080.10
15	1984	1258.10	12468.39
16	1985	1621.60	63422.42
17	1986	1383.90	199.89
18	1987	918.79	203376.58
19	1988	1766.83	157663.85
20	1989	1198.76	29241.66
21	1990	917.81	204257.83
Media (Xm)	1369.76	Var. Estándar(S)	434.19
1	1991	102.70	52212.25
2	1992	228.80	10485.76
3	1993	662.10	109494.81
Media (Xm)	331.20	Var. Estándar(S)	293.42

Tabla A17

Consistencia de la media y la variación estándar:

P	Xm	S	N	Sp	Sd	tc	tt	Cons. Xm	Fc	Ft	Cons. S
1	1369,76	434,19188	21								
				423,333341	261,287011	3,97479355	2,074		2,1896684	19,4	
2	331,20	293,421898	3								

Tabla A20

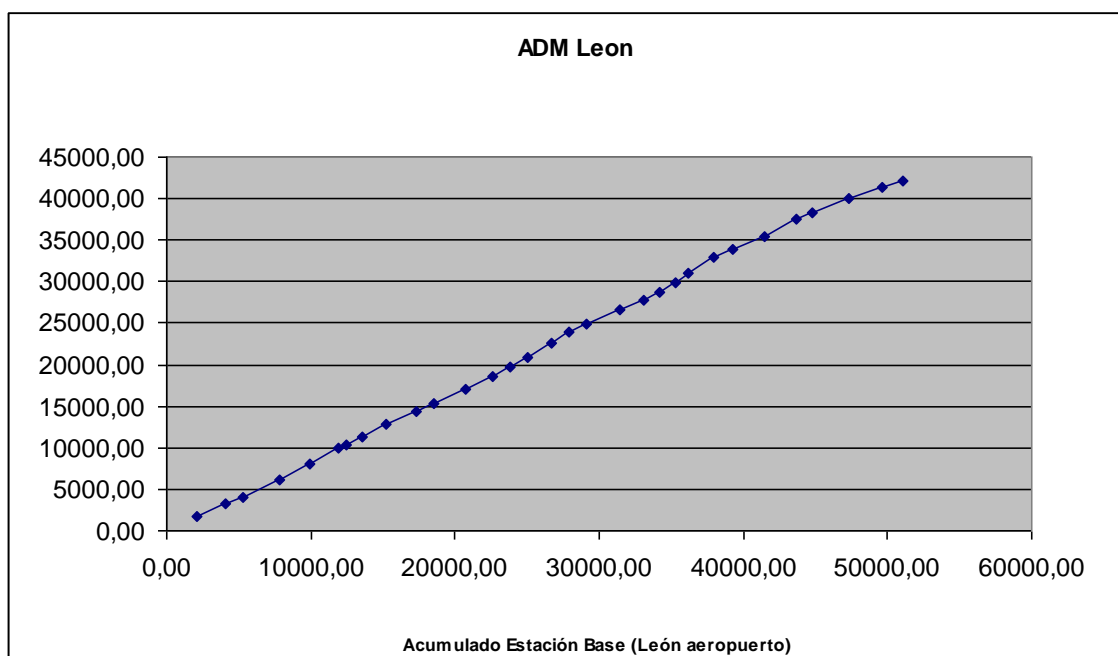
La media es inconsistente.

Valores corregidos:

Nª	Año	Prec. Anual	Valor Cor.
1	1991	102,70	1031,64
2	1992	228,80	1218,24
3	1993	662,10	1859,41

Tabla A21

Grafico de doble masa de la estación León corregida



León (Rellenada y corregida)												
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	0.00	0.80	0.00	20.30	188.10	133.30	124.40	266.60	325.00	317.00	257.30	17.80
1971	0.00	0.00	0.00	0.00	170.50	123.60	136.60	211.40	487.60	396.30	47.70	2.50
1972	0.00	0.00	0.00	4.10	220.50	184.50	83.40	44.00	88.80	140.30	44.30	49.50
1973	0.00	2.50	0.00	0.00	198.00	172.30	239.60	450.00	439.40	551.60	24.10	0.00
1974	0.50	0.00	0.00	0.00	180.50	365.60	110.00	175.90	762.40	352.20	8.10	0.00
1975	0.00	0.00	0.00	0.00	192.40	136.80	96.10	217.80	565.70	416.50	271.50	0.00
1976	0.00	0.00	0.00	2.30	33.50	185.40	0.00	0.20	22.80	5.60	89.00	0.30
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	267.10	255.90	14.00	50.50	163.00	203.90	40.00	0.00
1978	0.00	0.00	5.20	3.50	231.80	65.70	259.70	179.20	372.20	336.90	33.50	48.00
1979	0.20	0.00	0.00	80.10	105.60	132.41	71.59	169.45	676.82	244.57	62.81	6.65
1980	6.65	6.65	6.65	6.65	126.71	161.64	92.99	50.32	207.79	137.22	95.90	22.91
1981	6.65	6.65	45.56	6.65	322.53	397.29	107.97	202.97	193.38	323.81	8.50	11.76
1982	34.77	6.65	6.65	6.65	869.23	96.18	7.60	15.00	384.00	84.60	3.20	16.60
1983	0.10	0.20	7.10	0.10	50.20	207.70	74.40	173.70	305.90	244.00	96.40	17.40
1984	0.00	0.00	0.60	1.40	153.40	166.80	171.40	83.00	458.60	148.40	74.50	0.00
1985	0.00	0.00	0.00	77.00	88.70	158.40	258.00	214.90	214.50	425.20	178.60	6.30
1986	0.00	6.40	3.10	0.00	650.30	277.40	13.20	48.60	176.70	198.20	10.00	0.00
1987	3.20	0.00	8.35	6.65	118.40	195.51	117.34	108.75	220.43	126.36	6.79	7.01
1988	6.65	6.65	7.08	7.93	194.73	188.62	171.23	526.87	280.85	349.94	19.08	7.22
1989	6.65	6.65	6.65	6.65	49.82	198.85	141.55	213.26	342.20	90.08	96.61	39.81
1990	6.65	6.65	6.65	77.65	105.91	47.69	64.59	76.09	238.47	207.51	72.54	7.43
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1993	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1994	0.00	0.00	0.00	32.00	68.00	72.60	10.40	196.90	192.30	195.70	156.70	16.50
1995	0.00	0.00	0.00	16.50	98.50	183.20	125.10	409.90	253.20	404.10	25.20	28.60
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	192.00	204.80	287.40	190.10	312.90	551.60	375.70	0.00
1997	0.00	0.00	0.00	14.80	51.00	284.30	20.90	21.70	141.20	194.60	0.00	0.00
1998	0.00	0.00	0.00	20.50	71.90	77.20	128.80	188.20	352.90	945.90	85.40	0.00
1999	0.00	0.00	0.00	30.20	126.00	96.80	56.40	152.00	569.80	125.30	81.40	0.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	17.40	43.10	55.40	39.20	453.80	212.40	47.40	0.00
Prom	2.32	1.61	3.34	13.60	165.89	155.28	98.07	150.85	296.86	255.80	74.59	9.88

Tabla A22

Datos de la estación principal León Aeropuerto:

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL													
Estación: - LEON (AEROP.GODOY) / LEON							Latitud: 12° 25' 36" N						
Código: 64 043							Longitud: 86° 54' 48" W						
Años: 1950 - 2007							Elevación: 60 msnm						
Parámetro: humedad relativa (%)							Tipo: HMP						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Med
1974	67,7	63,7	64,2	65,6	75,3	81,7	78,8	80,4	92,6	89,1	81,8	72,8	82,6
1975	67,9	65,3	65,2	63,6	78,9	84,1	83,6	89	96,4	96,6	87,9	77,3	79,6
1976	75,6	73,6	74,7	83,1	86,7	92,6	80,6	81,1	84,6	93,5	87,7	78	82,7
1977	70,9	68,5	69,5	72,4	87,2	90,3	79,8	86,4	89,4	88	86,7	83,5	81,1
1978	77,9	77,4	80	83,7	90,5	92	93,6	91	97	94,6	86,7	73,7	86,5
1979	59,7	57,1	65	72,1	75,3	81,7	77,9	91,8	91,8	88	77	69,8	74,7
1980	58,8	56,3	63,8	71,7	84	80,4	81,1	84,6	87	89,3	84,2	71,8	76,1
1981	71,3	66,7	71,5	74,3	88,5	90,2	81,3	83,3	89,3	90,8	85	78,5	80,9
1982	73,5	75,9	72,9	75,1	85,9	84,6	75,3	72,9	83,6	82,6	77,3	71,4	77,6
1983	68,4	70	70,3	67,1	66,5	86,5	78,5	78,3	86,4	87,8	88,9	79	77,3
1984	77,8	71,7	69,8	72,8	73,2	80,7	82,7	83,3	90,2	87,2	84,6	72,7	78,9
1985	71,3	59,2	66,3	66,9	74,2	77,2	76,8	79,8	81,5	85,8	81,5	82,4	75,3
1986	78,9	79,6	75,1	66,1	78,9	81,9	75,1	75,3	81	85,6	78,5	64	76,7
1987	53,7	49,5	62,1	58,2	71,8	79,5	79,2	75,9	82	86,8	74,9	64,7	68,3
1988	61,5	55,8	58,3	65,1	70,2	85,3	80,4	88	87	85,4	82,2	76,5	74,6
1989	58,8	54,5	55,8	47,5	65,5	79,1	75,5	82,6	87,9	80,6	79,6	73,6	70,1
1990	60,7	59,2	55,3	61	70,3	77,2	72,8	72,8	81,6	87,5	84	78,2	71,7
1991	71,5	57	54,3	58,3	73,8	79,9	72,9	73	80,6	81,6	74,2	67,9	70,4
1992	63,2	62,2	53,5	58,2	64,7	76,6	72,4	71,6	79,9	78,1	74,4	65,1	68,3
1993	64,7	58,6	57,7	64,3	79,8	80,8	74,5	79,9	83,9	82,5	78,5	68,4	72,8
1994	64,2	59	59	57,7	73,7	76,4	64,4	75,8	82,6	86,7	83,4	73,6	71,4
1995	63,5	60,2	67	69,5	76,9	84	80,7	86,9	86,5	87,4	76,8	73,9	76,1
1996	67,8	59,9	59,7	61,8	75,5	79,2	81,1	80,2	83,5	84,6	83,1	68,5	73,7
1997	68,9	57,9	57,4	62,8	57,9	79,8	69,7	69,9	80	83,8	80,7	71	70
1998	66,4	68,6	59,9	62,4	71,8	76	79,4	80,7	88,6	89,4	83,8	80,3	75,6
1999	75,6	69,5	68,3	61,7	80	82,6	81,3	83,7	91,4	88,8	82,7	75,8	78,5
2000	72	66,1	68,6	64,7	72,8	77	74,9	77	86,6	81,5	79,4	76,4	74,8
2001	70	59,2	64,4	53,4	71,4	71,7	71,7	74,2	81	84,2	81,2	76,2	71,6
2002	61,4	57,6	53,5	51,2	64	81	78,5	75	87,2	84,5	80,5	73,3	70,6
2003	62,3	62,1	65,2	67,8	74,6	86,6	78,9	78,7	84,8	88,6	86,4	71,4	75,6
2004	66,2	60,7	53,2	64,2	70	73,9	77,7	81,5	86,7	85,5	81,5	71,3	72,7
2005	63,3	64,4	73,5	71,6	78,3	86,7	82,1	82,2	86,5	91,7	84,4	77,3	78,5
2006	72,4	67,2	62,9	68	75,6	79,5	77,2	80,2	82,7	85,4	85,7	79,7	76,4
2007	72,6	73,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72,8
Suma	2233	2104	2054	2098	2333	2533	2493	2647	2842	2777	2705	2438	2564
Media	67,7	63,7	64,2	65,6	75,3	81,7	77,9	80,2	86,1	86,8	82	73,9	75,4
Máx	78,9	79,6	80	83,7	90,5	92,6	93,6	91,8	97	96,6	88,9	83,5	1038
Mín	53,7	49,5	53,2	47,5	57,9	71,7	64,4	69,9	79,9	78,1	74,2	64	0

Tabla A23a

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL													
Estación: - LEON (AEROP.GODOY) / LEON							Latitud: 12° 25' 36" N						
Código: 64 043							Longitud: 86° 54' 48" W						
Años: 1950 - 2007							Elevación: 60 msnm						
Parámetro: temperatura media (°C)							Tipo: HMP						
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Med
1974	27,1	28	28,9	29,5	28,5	27,3	26,7	26,8	25,1	25,4	25,4	26,1	25,9
1975	26,9	27,1	28,5	29,7	28,2	27,4	26,3	26	24,8	25,3	24,7	24,9	26,6
1976	26,3	26,6	28,6	28,3	29	26,5	28,4	28,3	27,9	26,7	26,9	26,9	27,5
1977	28	30,1	30,4	31	27,4	26,5	27,9	27,6	26,9	26,5	26,3	26,3	27,9
1978	26,5	27,4	28,5	28,9	27,3	26,3	25,9	26,4	24,9	25,4	25,7	25,2	26,5
1979	26,2	27,9	28,8	29,5	28,5	27,3	27,5	26	25	26,3	27,2	26,5	26,7
1980	27,4	27,8	29	29,8	28,3	28,3	28	27,2	27,2	26,6	26,5	26,2	27,7
1981	26	28,1	28,9	29,7	27,2	26,1	27,4	26,7	26,5	26,1	26,2	26	27,1
1982	26,8	28,1	28,6	29,1	27,1	27	27,9	28,9	26,7	26,5	26,7	26,7	27,5
1983	27,5	28,2	28,7	29,6	30,5	27,8	28,4	28,2	26,5	26,1	26,5	26,5	27,9
1984	26,5	27,7	28,3	28,7	28,3	26,8	26,3	26,4	25,1	25,7	24,8	26,1	26,7
1985	25,7	27,3	28,1	28,7	27,9	27	26,7	26,2	26,5	25,5	25,6	25,4	26,7
1986	26,5	26,4	27,6	28,8	27,9	27,1	27,5	28,2	26,7	25,9	26,6	27,2	27,2
1987	28,7	30,2	29,4	29,5	28,7	27,7	26,8	27,3	26,9	27,5	27,1	27,7	28,1
1988	28,1	28,1	29,5	29,6	28,3	26,4	26,5	25,4	25	22,9	24,6	25,3	26,6
1989	27,5	27,7	28,4	30	29,8	27	27,4	26,9	25,7	26,3	26,3	25,5	27,4
1990	27,3	27,8	29	29,4	28,8	27,9	27,8	28,2	26,9	26,3	26,4	26,9	27,7
1991	27,5	29,5	31,2	31	28,4	27,7	28	28	27,3	26,3	26,6	27	28,2
1992	27,7	28,8	29,9	30,5	29,6	28,5	28	27,9	26,8	27,3	27,2	27	28,3
1993	27,5	28,1	28,7	29,5	27,6	27,6	27,8	27,2	26,1	26,8	26,5	26,9	27,5
1994	27,1	28,2	28,8	29,5	28,5	27,6	29,1	27,7	26,8	26,3	26	26,6	27,7
1995	27,3	28,1	28,4	29,4	28,5	27,2	27,2	26,5	26,2	26	26,5	26,5	27,3
1996	26,2	27,5	27,9	29,5	27,8	27,4	26,8	26,7	26,5	25,9	25,5	26,1	27
1997	26,3	28,2	28,7	29,2	30,4	27,2	28,8	29,1	27,6	26,9	27	27,2	28,1
1998	28,4	28,1	29,8	29,9	29,5	28,7	27,5	27,5	26,1	25,9	26,2	26,2	27,8
1999	27,1	27,3	28,6	29,4	27,7	27,2	27	26,7	25,3	25,2	25,5	25,7	26,9
2000	26	27,4	28,2	29,6	28,4	27,4	27,9	28,2	25,9	26,4	26,6	26,4	27,4
2001	26,5	28	27,8	30,2	28,1	27,8	27,6	28	26,2	26,5	25,9	26,7	27,4
2002	27,6	28,4	29,4	30,2	29,2	27,2	27,6	28,6	26,8	26,7	26,6	27,2	28
2003	27,7	28,6	28,8	29,2	29,2	26,8	27,4	27,6	27,2	26,6	26,5	26,4	27,7
2004	27	28	29,8	29,2	28,9	28,4	27,5	27,3	26,6	26,7	26,2	26,8	27,7
2005	27,4	28	28,7	29,1	28,3	27,3	27,5	27,7	26,5	25,5	26,4	26,4	27,4
2006	27	27,7	28,7	29	28,5	26,9	27,9	27,5	26,9	26,7	25,9	26,8	27,5
2007	27,9	27,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27,9
Suma	894	924	923,5	915	883	847	880	903	869	863	865	871	931,5
Med	27,1	28	28,9	29,5	28,5	27,3	27,5	27,4	26,3	26,1	26,2	26,4	27,4
Máx	28,7	30,2	31,2	31	30,5	28,7	29,1	29,1	27,9	27,5	27,2	27,7	339,2
Min	25,7	26,4	27,6	28,3	27,1	26,1	25,9	25,4	24,8	22,9	24,6	24,9	0

Tabla A23b

Radiación Extraterrestre, RMD, Expresada en evaporación equivalente en mm/día.

Hemisferio Norte												
Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
20,00	11,20	12,70	14,40	15,60	16,30	16,40	16,30	15,90	14,80	13,30	11,60	10,70
18,00	11,60	13,00	14,60	15,60	16,10	16,10	16,10	15,80	14,90	13,60	12,00	11,10
16,00	12,00	13,30	14,70	15,60	16,00	15,90	15,90	15,70	15,00	13,90	12,40	11,60
14,00	12,40	13,60	14,90	15,70	15,80	15,70	15,70	15,70	15,10	14,10	12,80	12,00
12,00	12,80	13,90	15,10	15,70	15,70	15,50	15,50	15,60	15,20	14,40	13,30	12,50
10,00	13,20	14,20	15,30	15,70	15,50	15,30	15,30	15,50	15,30	14,70	13,60	12,90
8,00	13,60	14,50	15,30	15,60	15,30	15,00	15,10	15,40	15,30	14,80	13,90	13,30
6,00	13,90	14,80	15,40	15,40	15,10	14,70	14,90	15,20	15,30	15,00	14,20	13,70

Tabla A24 (Recursos hídricos y producción agrícola pub. 148)

Caudales medios diarios de la estación hidrométrica Atoya en Ceilán

Caudales medios diarios de año 72/73 (periodo seco)												
Dia	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
1	1,35	3,15	3,05	2,53	2,25	2,25	1,83	1,11	1,06	0,50	0,40	0,40
2	1,35	3,10	3,00	2,39	2,25	2,19	2,07	1,06	1,02	0,71	0,40	0,34
3	1,25	3,05	3,00	2,32	2,19	2,25	1,95	1,20	0,75	0,71	0,31	0,34
4	1,35	3,00	3,00	2,25	8,71	2,39	1,89	1,30	0,71	0,75	0,31	0,34
5	1,40	2,98	2,98	2,07	12,00	2,39	1,83	1,86	0,75	0,57	0,31	0,25
6	1,55	3,53	2,74	2,07	3,15	2,19	1,50	1,30	1,11	0,47	0,36	0,28
7	1,50	3,59	2,60	1,95	2,95	4,54	1,11	1,45	1,06	0,47	0,43	0,28
8	1,35	3,52	2,60	1,71	2,95	2,88	1,40	1,06	0,80	0,97	0,31	0,29
9	1,35	4,36	2,60	1,65	2,74	2,53	1,45	0,84	0,71	0,54	0,29	0,27
10	1,35	3,58	2,60	1,65	3,15	2,50	1,91	0,97	0,64	0,40	0,40	0,25
11	1,20	7,25	2,60	2,13	3,05	2,25	2,13	1,11	0,64	0,47	0,50	0,33
12	1,91	6,23	2,60	2,13	2,81	2,25	2,19	0,89	0,57	0,43	0,36	0,27
13	1,89	7,00	2,39	2,39	2,60	2,32	2,28	0,97	0,54	0,40	0,32	0,25
14	2,01	4,77	2,32	2,39	2,46	2,53	2,32	0,80	0,57	0,43	0,31	0,23
15	5,49	4,06	2,32	2,13	2,46	2,46	2,13	0,75	0,64	0,40	0,25	0,27
16	3,89	3,68	2,46	1,95	2,39	3,43	2,19	0,84	0,57	0,40	0,25	0,31
17	5,16	3,39	2,32	1,71	2,39	2,60	2,13	1,15	0,43	0,57	1,25	0,25
18	8,54	3,39	2,19	1,65	2,46	2,39	1,77	1,15	0,43	0,47	0,89	0,23
19	10,00	3,20	2,19	1,65	2,39	4,01	1,65	1,06	0,40	0,43	0,71	0,34
20	3,49	3,13	2,46	1,77	2,32	2,88	1,60	0,75	0,47	0,34	0,54	0,54
21	3,87	4,53	2,53	1,83	2,13	2,60	1,40	0,80	0,54	0,34	0,36	0,54
22	3,39	4,44	3,19	1,65	2,01	2,39	1,40	0,97	0,80	0,36	0,34	0,50
23	18,00	4,12	3,92	1,65	1,95	2,32	1,30	1,11	0,68	0,40	0,40	0,47
24	13,00	3,15	2,74	1,60	2,49	2,32	1,30	1,45	0,57	0,43	0,50	0,31
25	6,44	5,28	2,74	1,50	2,40	2,25	1,35	1,40	0,43	0,43	0,34	0,29
26	4,50	6,54	2,25	1,50	2,53	2,19	1,50	1,02	0,40	0,47	0,29	0,29
27	4,77	3,49	2,25	2,07	2,60	2,19	1,30	1,15	0,43	0,43	0,38	0,27
28	3,96	3,15	2,60	2,52	2,32	2,13	1,74	1,11	0,64	0,40	0,29	0,27
29	8,87	3,10	2,53	3,62	2,32	1,89	1,39	1,11	0,50	-	0,31	0,32
30	3,87	3,08	2,53	2,74	2,25	1,65	1,15	0,89	0,43	-	0,27	0,40
31	3,30	-	2,53	2,32	-	1,60	-	0,71	0,43	-	0,29	-

Tabla 25a

Caudales medios diarios de año 75/76 (Año promedio)

Día	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
1	0,28	16,30	1,41	1,93	S/D	10,10	22,60	5,95	2,86	1,49	0,94	0,45
2	0,31	10,50	1,41	1,78	S/D	7,36	24,00	5,75	2,79	1,49	0,90	0,45
3	0,20	11,30	1,45	2,71	S/D	5,36	20,40	5,66	2,73	1,49	0,86	0,45
4	0,17	8,80	1,49	2,86	S/D	5,27	16,30	5,46	2,73	1,49	0,86	0,45
5	0,39	4,77	1,41	2,52	2,82	4,98	13,70	5,36	2,66	1,45	0,75	0,45
6	0,39	2,73	1,37	2,03	13,60	4,98	13,70	5,27	2,60	1,41	0,72	0,45
7	0,17	2,56	4,80	2,35	7,67	8,82	13,50	4,98	2,60	1,37	0,68	0,45
8	0,22	2,66	3,99	3,07	8,09	6,75	14,20	4,71	2,54	1,37	0,72	0,45
9	0,25	3,17	2,20	3,68	10,90	4,79	13,50	4,71	2,49	1,41	0,72	0,45
10	0,25	4,89	2,14	3,54	20,30	5,51	15,70	4,62	2,43	1,37	0,65	0,45
11	0,42	2,14	2,14	6,61	27,80	5,87	19,00	4,54	2,37	1,28	0,65	0,45
12	0,42	1,98	1,93	14,60	18,10	12,10	19,20	4,34	2,31	1,20	0,65	0,49
13	0,31	1,88	1,88	S/D	10,50	6,73	18,80	4,19	2,26	1,16	0,59	0,49
14	0,25	2,23	1,83	S/D	15,30	11,60	17,00	4,11	2,20	1,12	0,59	0,49
15	0,22	2,31	1,78	S/D	13,00	13,10	14,00	3,94	2,20	1,12	0,59	0,49
16	0,34	2,20	2,43	S/D	17,20	13,50	12,30	3,87	2,09	1,12	0,55	0,49
17	0,39	2,14	5,01	S/D	7,06	21,50	11,10	3,87	2,03	1,12	0,55	0,49
18	0,36	2,03	1,93	S/D	8,87	21,30	10,20	3,63	2,03	1,12	0,49	0,49
19	0,51	2,09	1,68	S/D	6,58	18,80	9,36	3,48	1,98	1,12	0,49	0,49
20	0,62	2,09	1,63	S/D	7,94	23,50	8,82	3,40	1,93	1,12	0,49	0,49
21	0,31	1,93	1,68	S/D	7,46	25,50	8,42	3,25	1,88	1,12	0,49	0,49
22	0,36	1,93	2,40	S/D	10,60	23,40	8,02	3,18	1,83	1,12	0,49	0,49
23	2,11	2,88	8,55	S/D	11,90	15,60	7,65	3,12	1,78	1,16	0,49	0,49
24	0,81	2,16	2,59	S/D	8,02	12,60	7,40	3,12	1,73	1,12	0,49	0,49
25	1,59	1,68	5,71	S/D	7,85	11,90	7,15	3,05	1,73	1,05	0,49	0,49
26	1,38	1,58	4,44	S/D	6,71	17,30	7,02	2,99	1,73	1,01	0,49	0,49
27	1,97	1,49	2,86	S/D	7,29	11,10	6,49	2,99	1,73	0,97	0,49	0,45
28	1,55	1,56	2,43	S/D	6,71	26,60	6,58	2,99	1,68	0,90	0,49	0,45
29	1,96	1,58	2,14	S/D	5,74	17,60	6,27	2,92	1,58	0,90	0,49	0,45
30	3,88	1,45	2,09	S/D	8,53	17,90	6,06	2,92	1,53	-	0,49	0,45
31	6,02	-	2,09	S/D	-	18,00	-	2,86	1,49	-	0,49	-

Tabla 25b

Memoria de cálculos para el trancito de avenidas

Características de las subcuencas:

Subcuenca	Área	Long de cuenca	Cauce	Altura Max	Altura Min
	Km ²	m	m	msnm	msnm
1	2	3	4	5	6
1	12.88	10600	4700	300	150
2	12.08	7050	5940	180	110
3	11.72	6820	4470	130	50
4	14.56	7470	3390	90	20
5	10.23	13360	4890	280	100
6	12.06	10960	6130	190	60
7	13.51	7780	6130	150	60
8	8.62	6170	3390	80	20
9	12.06	5580	4330	160	40
10	13.03	6520	6520	198	10
Suma	120.75				

Cálculo de aportes de las subcuencas:

Sub	Area	Long	Hmax	Hmin	Sc		Tc	I	Coeficiente de escorrentía				Q
Cuenca	Km ²	m	m	m	m/m	%	Min	mm/h	Us	Ts	Pt	C	m ³ /s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	12.88	10600	300	150	0.014	1.42	66.29	83.58	0.08	1.25	2.00	0.21	62.61
2	12.08	7050	180	110	0.010	0.99	55.50	91.95	0.12	1.25	1.00	0.15	45.71
3	11.72	6820	130	50	0.012	1.17	50.74	97.79	0.21	1.25	1.50	0.40	127.56
4	14.56	7470	90	20	0.009	0.94	59.34	87.23	0.14	1.25	1.50	0.26	91.54
5	10.23	13360	280	100	0.013	1.35	80.73	77.08	0.08	1.25	2.00	0.21	45.55
6	12.06	10960	190	60	0.012	1.19	72.80	80.65	0.27	1.25	1.50	0.51	137.77
7	13.51	7780	150	60	0.012	1.16	56.46	90.77	0.13	1.25	1.00	0.17	57.25
8	8.62	6170	80	20	0.010	0.97	50.49	98.10	0.10	1.25	1.50	0.19	44.05
9	12.06	5580	160	40	0.022	2.15	34.43	117.83	0.05	1.25	2.50	0.15	61.15
10	13.03	6520	198	10	0.029	2.88	34.67	117.53	0.09	1.25	2.00	0.22	95.61
Suma	120.75												

Tablas para realizar los Hidrogramas triangulares:

Sub cuencas 1	
Tiempo	Caudal
0,00	0,00
33,15	31,31
66,29	62,61
99,44	31,31
132,58	0,00

Sub cuencas 2	
Tiempo	Caudal
0,00	0,00
27,75	22,86
55,50	45,71
83,25	22,86
111,00	0,00

Sub cuencas 3	
Tiempo	Caudal
0,00	0,00
25,37	63,78
50,74	127,56
76,11	63,78
101,48	0,00

Sub cuencas 4	
Tiempo	Caudal
0,00	0,00
29,67	45,77
59,34	91,54
89,01	45,77
118,68	0,00

Sub cuencas 5	
Tiempo	Caudal
0,00	0,00
40,37	22,78
80,73	45,55
121,10	22,78
161,46	0,00

Sub cuencas 6	
Tiempo	Caudal
0,00	0,00
36,40	68,89
72,80	137,77
109,20	68,89
145,60	0,00

Sub cuencas 7	
Tiempo	Caudal
0,00	0,00
28,23	28,63
56,46	57,25
84,69	28,63
112,92	0,00

Sub cuencas 8	
Tiempo	Caudal
0,00	0,00
25,25	22,03
50,49	44,05
75,74	22,03
100,98	0,00

Sub cuencas 9	
Tiempo	Caudal
0,00	0,00
17,22	30,58
34,43	61,15
51,65	30,58
68,86	0,00

Sub cuencas 10	
Tiempo	Caudal
0,00	0,00
17,34	47,81
34,67	95,61
52,01	47,81
69,34	0,00

Hidrogramas Triangulares sintéticos:

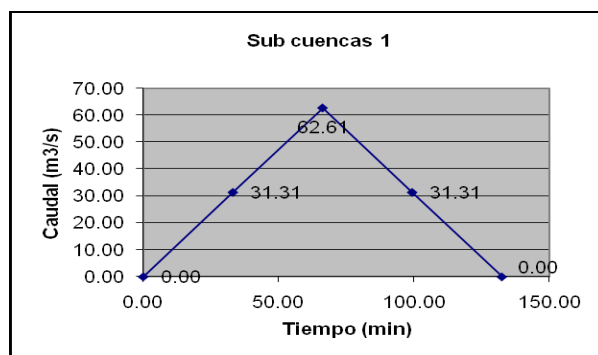


Gráfico 3

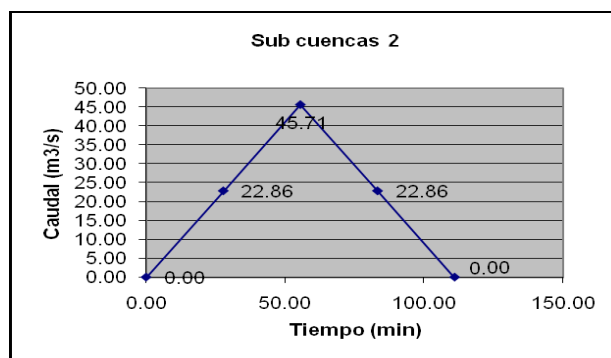


Gráfico 4

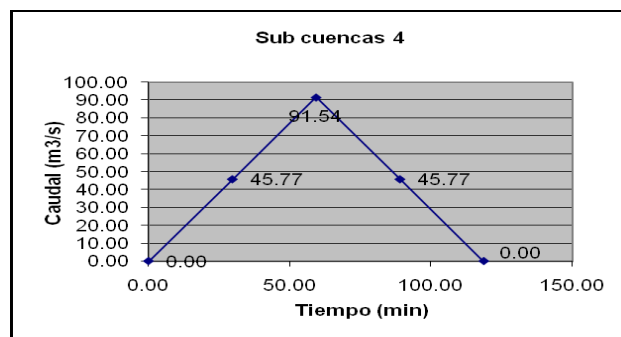


Gráfico 5

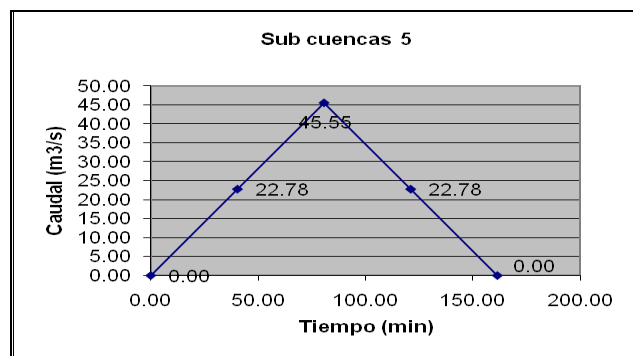


Gráfico 6

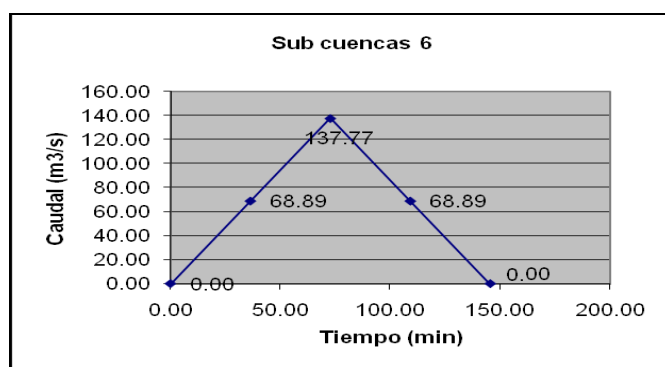


Gráfico 7

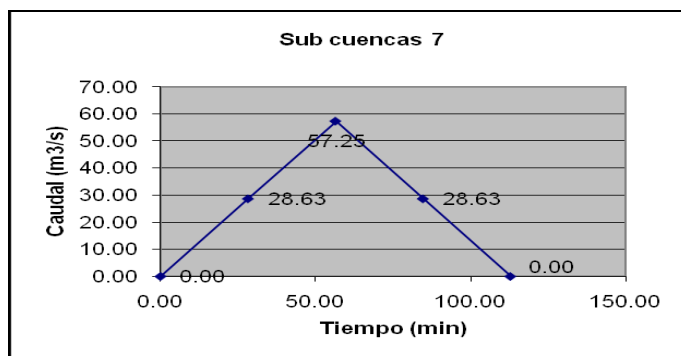


Gráfico 8

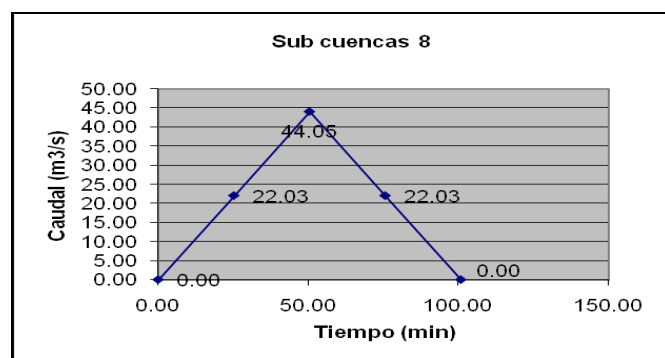


Gráfico 9

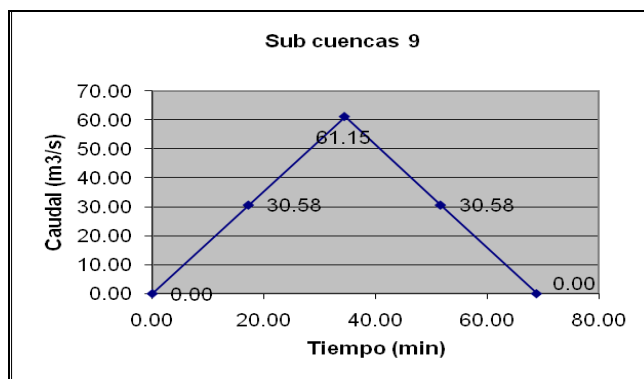


Gráfico 10

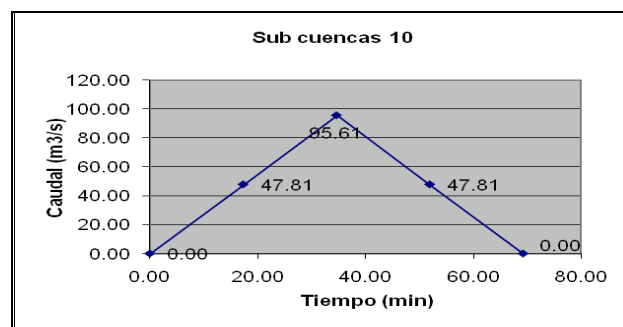


Gráfico 11

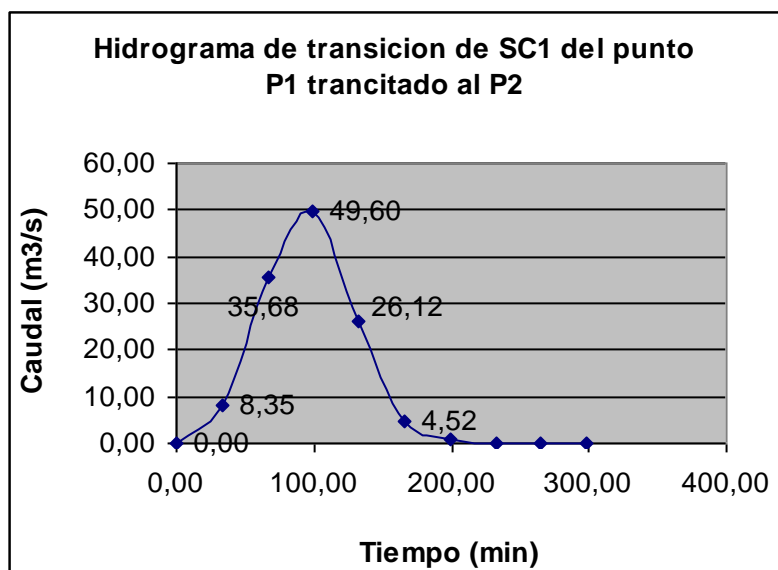
Calculo de los parámetros de transito:

Calculo de los Parámetros del Transito													
Nº	SUB	DE	A	Vcuenca	Vtransito	Ltransito	K	t	X	CO	C1	C2	Σ
	CUENCA			m/min	m/min	M	min	min					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		1	2										
1	Vsc1			159.90									
2	Vsc(1-2)				159.90	4700.00	29.39	33.15	0.20	0.27	0.56	0.17	1
		2	3										
	Vsc(1-2)			159.90									
2	Vsc2			127.03									
3	Vsc(2-3)				143.47	5940.00	41.40	27.75	0.20	0.12	0.47	0.41	1
		3	4										
	Vsc(2-3)			143.47									
3	Vsc3			134.41									
4	Vsc(3-8.3)				138.94	4470.00	32.17	25.37	0.20	0.16	0.50	0.34	1
		5	6										
5	Vsc5			165.49									
6	Vsc(5-6)				165.49	4890.00	29.55	40.37	0.20	0.33	0.60	0.08	1
		6	8										
	Vsc(5-6)			165.49									
6	Vsc6			150.55									
7	Vsc7			137.80									
8	Vsc(6-8.6)				151.28	6130.00	40.52	25.25	0.20	0.10	0.46	0.44	1
		8	10										
	Vsc(3-8.3)			138.94									
	Vsc(6-8.6)			151.28									
8	Vsc8			122.20									
10	Vsc(8-10.8)				137.47	3390.00	24.66	38.05	0.20	0.36	0.62	0.02	1
		9	10										
9	Vsc9			162.07									
10	Vsc(9-10.9)				162.07	4330.00	26.72	17.22	0.20	0.11	0.47	0.43	10

Transito de Hidrograma al punto de control P2:

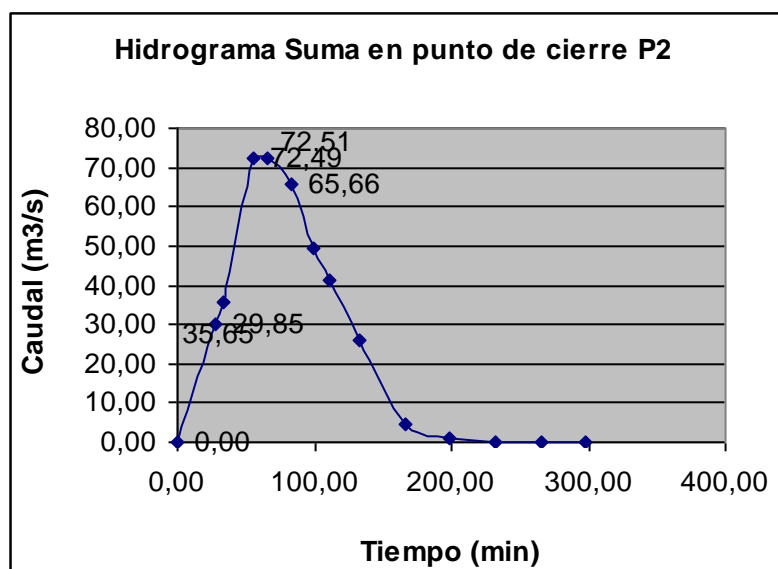
Hidrograma de transición de SC1 del punto P1 transitado al P2							
K	C0	C1	C2	T		Tramo de parámetros	
29,39	0,27	0,56	0,17	33,15		1	2
T							
min	$C0 \cdot I2$	$C1 \cdot I1$	$C2 \cdot O1$	$I1$	$O1$	$I2$	$O2$
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
33,15	8,35	0,00	0,00	0,00	0,00	31,31	8,35
66,29	16,70	17,53	1,45	31,31	8,35	62,61	35,68
99,44	8,35	35,07	6,18	62,61	35,68	31,31	49,60
132,58	0,00	17,53	8,59	31,31	49,60	0,00	26,12
165,73	0,00	0,00	4,52	0,00	26,12	0,00	4,52
198,87	0,00	0,00	0,78	0,00	4,52	0,00	0,78
232,02	0,00	0,00	0,14	0,00	0,78	0,00	0,14
265,16	0,00	0,00	0,02	0,00	0,14	0,00	0,02
298,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00

Hidrograma de SC1 transitado al punto P2:



Hidrograma suma en el punto de control P2:

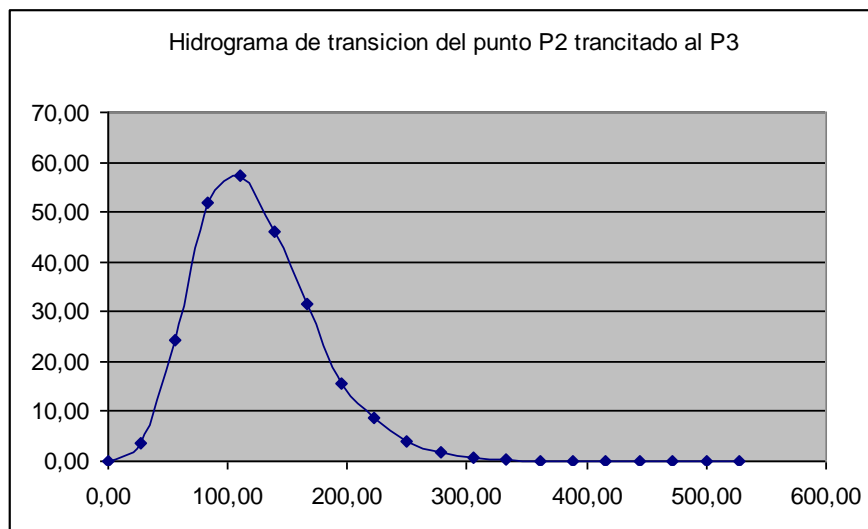
Hidrograma Suma en punto de cierre P2			
t	HT-P1P2	HTS-SC2	suma
0,00	0,00	0,00	0,00
27,75	6,99	22,86	29,85
33,15	8,35	27,30	35,65
55,50	26,78	45,71	72,49
66,29	35,68	36,83	72,51
83,25	42,80	22,86	65,66
99,44	49,60	0,00	49,60
111,00	41,40	0,00	41,40
132,58	26,12	0,00	26,12
165,73	4,52	0,00	4,52
198,87	0,78	0,00	0,78
232,02	0,14	0,00	0,14
265,16	0,02	0,00	0,02
298,305	0,00	0,00	0,00



Transito de Hidrograma de P2 al punto de control P3:

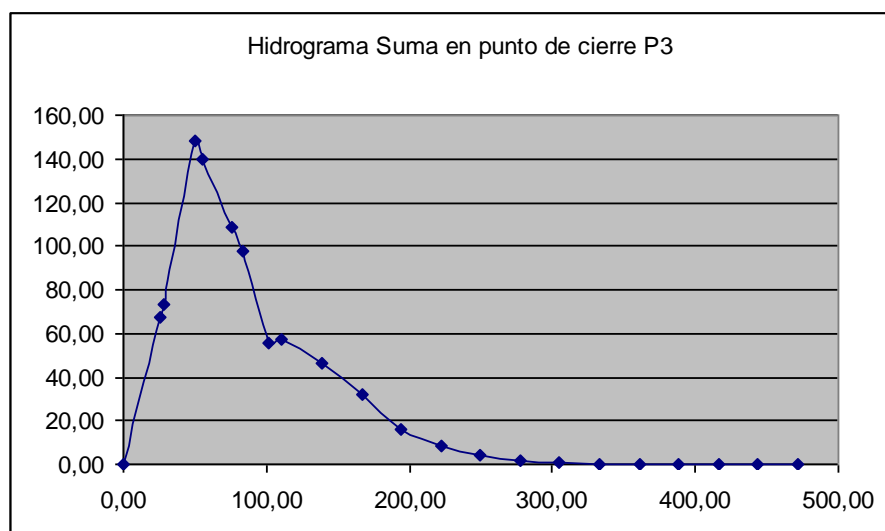
Hidrograma de transición del punto P2 transitado al P3							
K	C0	C1	C2	T		Tramo de parámetros	
41,40	0,12	0,47	0,41	27,75		2	3
T							
min	C0*I2	C1*I1	C2*O1	I1	O1	I2	O2
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27,75	3,55	0,00	0,00	0,00	0,00	29,85	3,55
55,50	8,63	14,07	1,46	29,85	3,55	72,49	24,15
83,25	7,82	34,18	9,89	72,49	24,15	65,66	51,88
111,00	4,93	30,95	21,25	65,66	51,88	41,40	57,13
138,75	3,11	19,52	23,40	41,40	57,13	26,12	46,03
166,50	0,54	12,31	18,85	26,12	46,03	4,52	31,70
194,25	0,54	2,13	12,98	4,52	31,70	4,52	15,65
222,00	0,09	2,13	6,41	4,52	15,65	0,78	8,64
249,75	0,02	0,37	3,54	0,78	8,64	0,14	3,92
277,50	0,00	0,06	1,61	0,14	3,92	0,02	1,67
305,25	0,00	0,01	0,69	0,02	1,67	0,00	0,70
333,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,70	0,00	0,29
360,75	0,00	0,00	0,12	0,00	0,29	0,00	0,12
388,50	0,00	0,00	0,05	0,00	0,12	0,00	0,05
416,25	0,00	0,00	0,02	0,00	0,05	0,00	0,02
444,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01
471,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
499,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
527,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00

Hidrograma de P2 transitado al punto P3:



Hidrograma suma en el punto de control P3:

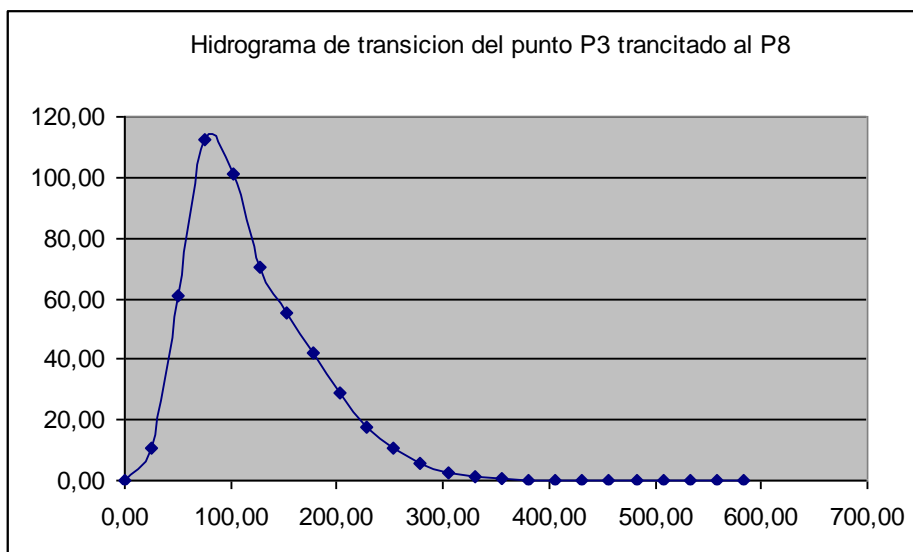
Hidrograma Suma en punto de cierre P3			
t	HT-P2P3	HTS-SC3	suma
0,00	0,00	0,00	0,00
25,37	3,25	63,78	67,03
27,75	3,55	69,76	73,32
50,74	20,62	127,56	148,18
55,50	24,15	115,59	139,75
76,11	44,75	63,78	108,53
83,25	51,88	45,83	97,71
101,48	55,33	0,00	55,33
111,00	57,13	0,00	57,13
138,75	46,03	0,00	46,03
166,50	31,70	0,00	31,70
194,25	15,65	0,00	15,65
222,00	8,64	0,00	8,64
249,75	3,92	0,00	3,92
277,50	1,67	0,00	1,67
305,25	0,70	0,00	0,70
333,00	0,29	0,00	0,29
360,75	0,12	0,00	0,12
388,50	0,05	0,00	0,05
416,25	0,02	0,00	0,02
444,00	0,01	0,00	0,01
471,75	0,01	0,00	0,01
499,50	0,01	0,00	0,01
527,25	0,00	0,00	0,00



Transito de Hidrograma de P3 al punto de control P8:

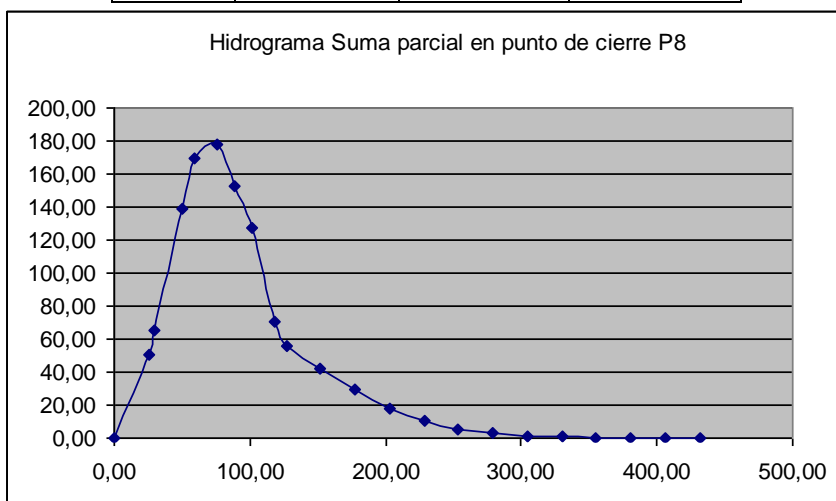
Hidrograma de transición del punto P3 transitado al P8							
K	C0	C1	C2	T		Tramo de parámetros	
32,17	0,16	0,50	0,34	25,37		3	4
T							
min	C0*I2	C1*I1	C2*O1	I1	O1	I2	O2
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25,37	10,90	0,00	0,00	0,00	0,00	67,03	10,90
50,74	24,11	33,35	3,70	67,03	10,90	148,18	61,16
76,11	17,65	73,74	20,78	148,18	61,16	108,53	112,17
101,48	9,00	54,00	38,11	108,53	112,17	55,33	101,11
126,85	8,26	27,53	34,35	55,33	101,11	50,79	70,14
152,22	6,36	25,27	23,83	50,79	70,14	39,07	55,46
177,59	4,11	19,44	18,84	39,07	55,46	25,29	42,40
202,96	2,19	12,58	14,40	25,29	42,40	13,45	29,18
228,33	1,23	6,69	9,91	13,45	29,18	7,56	17,84
253,70	0,59	3,76	6,06	7,56	17,84	3,60	10,41
279,07	0,26	1,79	3,54	3,60	10,41	1,62	5,59
304,44	0,12	0,81	1,90	1,62	5,59	0,73	2,82
329,81	0,05	0,36	0,96	0,73	2,82	0,33	1,37
355,18	0,03	0,17	0,47	0,33	1,37	0,15	0,66
380,55	0,01	0,08	0,22	0,15	0,66	0,07	0,31
405,92	0,01	0,04	0,11	0,07	0,31	0,03	0,15
431,29	0,00	0,02	0,05	0,03	0,15	0,02	0,07
456,66	0,00	0,01	0,02	0,02	0,07	0,01	0,03
482,03	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02
507,40	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
532,77	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01
558,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
583,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00

Hidrograma de P3 transitado al punto P8:



Hidrograma suma parcial en el punto de control P8:

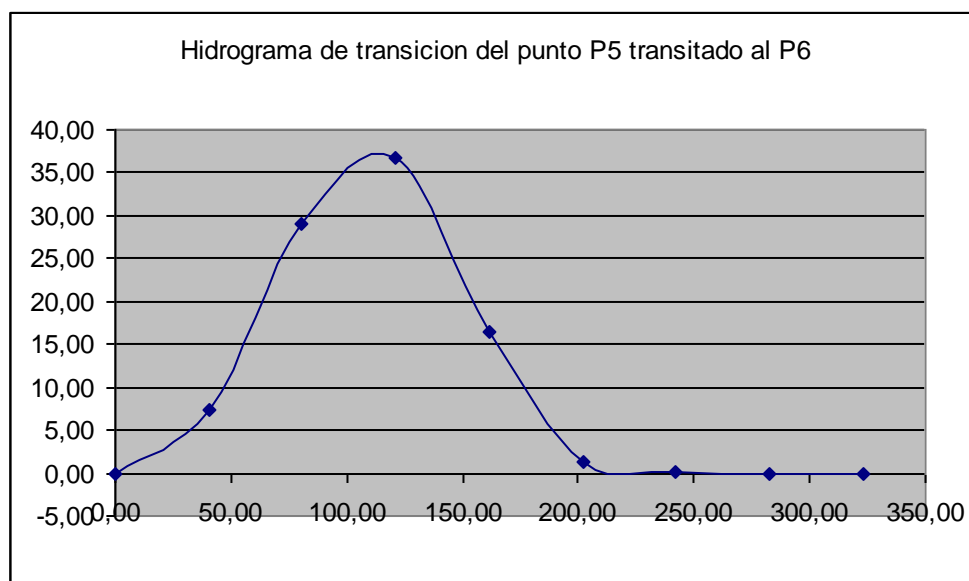
Hidrograma Suma parcial en punto de cierre P8			
t	HT-P3P4	HTS-SC4	suma
0,00	0,00	0,00	0,00
25,37	10,90	39,14	50,04
29,67	19,42	45,77	65,19
50,74	61,16	78,27	139,44
59,34	78,45	91,54	169,99
76,11	112,17	65,67	177,84
89,01	106,55	45,77	152,32
101,48	101,11	26,53	127,64
118,68	70,14	0,00	70,14
126,85	55,46	0,00	55,46
152,22	42,40	0,00	42,40
177,59	29,18	0,00	29,18
202,96	17,84	0,00	17,84
228,33	10,41	0,00	10,41
253,70	5,59	0,00	5,59
279,07	2,82	0,00	2,82
304,44	1,37	0,00	1,37
329,81	0,66	0,00	0,66
355,18	0,31	0,00	0,31
380,55	0,15	0,00	0,15
405,92	0,07	0,00	0,07
431,29	0,03	0,00	0,03
456,66	0,02	0,00	0,02
482,03	0,01	0,00	0,01
507,40	0,01	0,00	0,01
532,77	0,01	0,00	0,01
558,14	0,00	0,00	0,00



Transito de Hidrograma de P5 al punto de control P6:

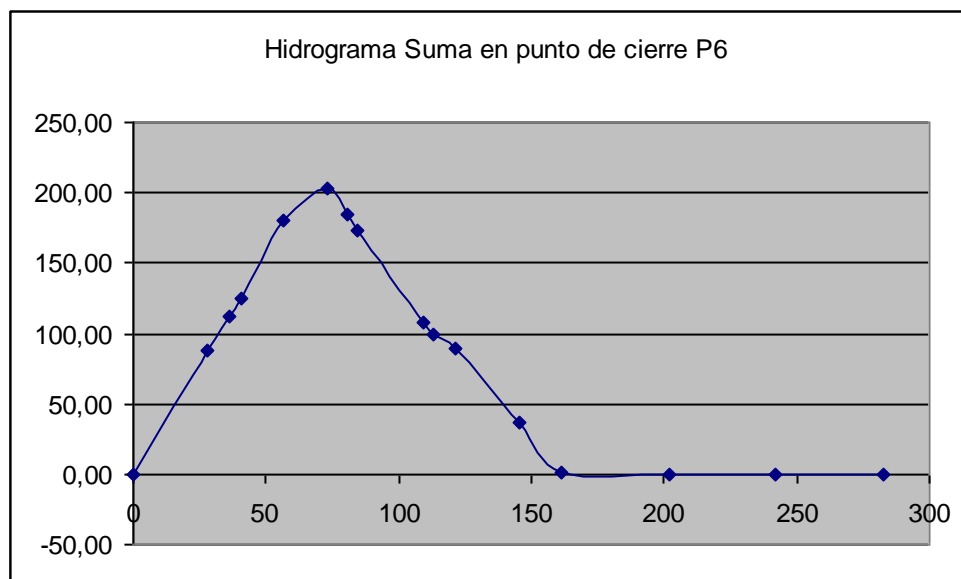
Hidrograma de transición del punto P5 transitado al P6							
K	C0	C1	C2	T		Tramo de parametros	
29,55	0,33	0,60	0,08	40,37		5	6
T							
min	$C0*I2$	$C1*I1$	$C2*O1$	$I1$	$O1$	$I2$	$O2$
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
40,37	7,42	0,00	0,00	0,00	0,00	22,78	7,42
80,74	14,84	13,56	0,58	22,78	7,42	45,55	28,98
121,11	7,42	27,12	2,28	45,55	28,98	22,78	36,83
161,48	0,00	13,56	2,90	22,78	36,83	0,00	16,46
201,85	0,00	0,00	1,30	0,00	16,46	0,00	1,30
242,22	0,00	0,00	0,10	0,00	1,30	0,00	0,10
282,59	0,00	0,00	0,01	0,00	0,10	0,00	0,01
322,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00

Hidrograma de P5 transitado al punto P6:



Hidrograma suma en el punto de control P6:

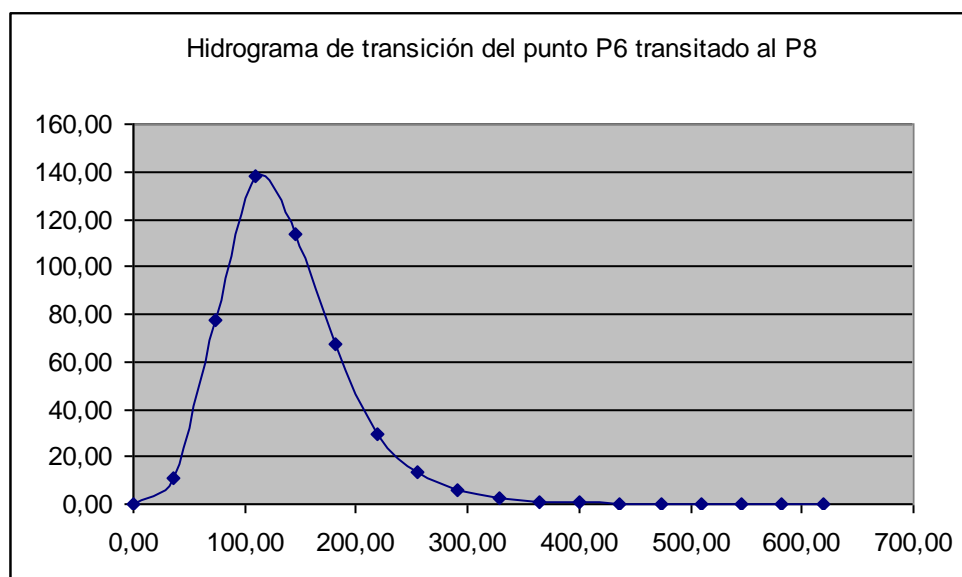
Hidrograma Suma en punto de cierre P6				
t	HT-P5P6	HTS-SC6	HTS-SC7	suma
0	0,00	0,00	0,00	0,00
28,23	5,19	53,42	28,63	87,24
36,4	6,69	68,89	36,91	112,49
40,37	7,42	76,40	40,94	124,76
56,46	16,01	106,85	57,25	180,11
72,8	24,74	137,77	40,68	203,19
80,74	28,98	122,75	32,63	184,36
84,69	29,75	115,27	28,63	173,65
109,2	34,51	68,89	3,77	107,17
112,92	35,23	63,99	0,00	99,22
121,11	36,83	53,20	0,00	90,02
145,6	16,46	20,93	0,00	37,39
161,48	1,30	0,00	0,00	1,30
201,85	0,10	0,00	0,00	0,10
242,22	0,01	0,00	0,00	0,01
282,59	0,00	0,00	0,00	0,00



Transito de Hidrograma de P3 al punto de control P8:

Hidrograma de transición del punto P6 transitado al P8							
K	C0	C1	C2	T		Tramo de parámetro	
40,52	0,10	0,46	0,44	36,40		6	8
T							
min	C0*I2	C1*I1	C2*O1	I1	O1	I2	O2
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
36,40	11,28	0,00	0,00	0,00	0,00	112,49	11,28
72,80	20,38	51,77	4,96	112,49	11,28	203,19	77,11
109,20	10,75	93,51	33,89	203,19	77,11	107,17	138,15
145,60	3,75	49,32	60,72	107,17	138,15	37,39	113,79
182,00	0,07	17,21	50,01	37,39	113,79	0,69	67,28
218,40	0,01	0,32	29,57	0,69	67,28	0,06	29,89
254,80	0,00	0,03	13,14	0,06	29,89	0,01	13,17
291,20	0,00	0,00	5,79	0,01	13,17	0,00	5,79
327,60	0,00	0,00	2,54	0,00	5,79	0,00	2,55
364,00	0,00	0,00	1,12	0,00	2,55	0,00	1,12
400,40	0,00	0,00	0,49	0,00	1,12	0,00	0,49
436,80	0,00	0,00	0,22	0,00	0,49	0,00	0,22
473,20	0,00	0,00	0,10	0,00	0,22	0,00	0,10
509,60	0,00	0,00	0,04	0,00	0,10	0,00	0,04
546,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,04	0,00	0,02
582,40	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01
618,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00

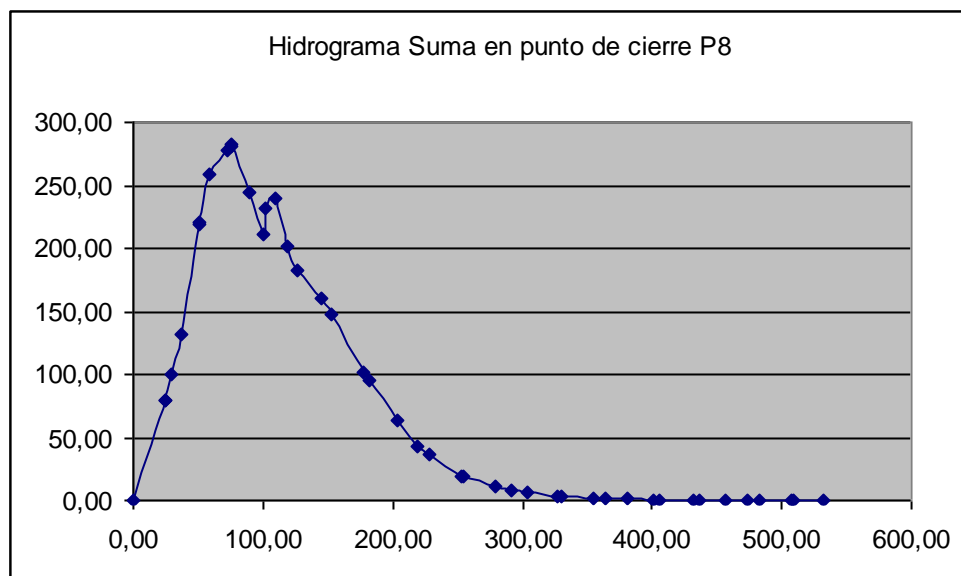
Hidrograma de P6 transitado al punto P8:



Hidrograma suma en el punto de control P8:

Hidrograma Suma en punto de cierre P8				
t	HT-P6P8	HTS-SC8	HT-P3P8	suma
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25,25	7,83	22,03	49,79	79,65
25,37	7,87	22,13	50,04	80,04
29,67	9,20	25,89	65,19	100,28
36,40	11,28	31,76	88,91	131,95
50,49	36,76	44,05	138,56	219,37
50,74	37,22	43,83	139,44	220,48
59,34	52,77	36,33	169,99	259,09
72,80	77,11	24,59	176,29	277,99
75,74	82,03	22,03	177,66	281,72
76,11	82,66	21,70	177,84	282,20
89,01	104,29	10,44	152,32	244,79
100,98	124,36	0,00	128,63	211,29
101,48	125,20	0,00	127,64	231,94
109,20	138,15	0,00	101,84	239,98
118,68	131,80	0,00	70,14	201,95
126,85	126,34	0,00	55,46	181,79
145,60	113,79	0,00	45,81	159,59
152,22	105,33	0,00	42,40	147,73
177,59	72,92	0,00	29,18	102,09
182,00	67,28	0,00	27,20	94,49
202,96	45,75	0,00	17,84	63,59
218,40	29,89	0,00	13,31	43,21
228,33	25,33	0,00	10,41	35,74
253,70	13,67	0,00	5,59	19,27
254,80	13,17	0,00	5,47	18,64
279,07	8,25	0,00	2,82	11,07
291,20	5,79	0,00	2,13	7,92
304,44	4,61	0,00	1,37	5,98
327,60	2,55	0,00	0,72	3,27
329,81	2,46	0,00	0,66	3,12
355,18	1,46	0,00	0,31	1,78
364,00	1,12	0,00	0,25	1,37
380,55	0,83	0,00	0,15	0,98
400,40	0,49	0,00	0,09	0,58
405,92	0,45	0,00	0,07	0,52
431,29	0,26	0,00	0,03	0,29
436,80	0,22	0,00	0,03	0,25
456,66	0,15	0,00	0,02	0,17
473,20	0,10	0,00	0,01	0,11
482,03	0,08	0,00	0,01	0,09
507,40	0,05	0,00	0,01	0,05
509,60	0,04	0,00	0,01	0,05
532,77	0,03	0,00	0,01	0,03

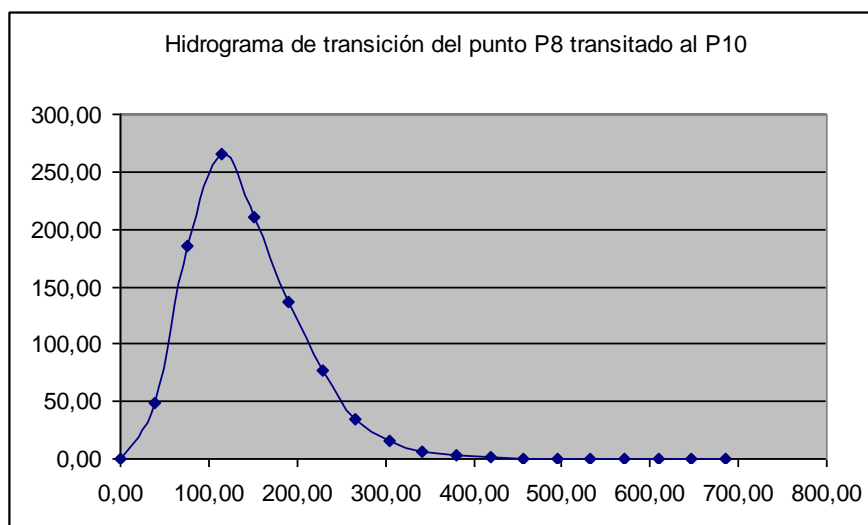
546,00	0,02	0,00	0,01	0,02
558,14	0,02	0,00	0,00	0,02
582,40	0,01	0,00	0,00	0,01
618,80	0,00	0,00	0,00	0,00



Transito de Hidrograma de P8 al punto de control P10:

Hidrograma de transición del punto P8 transitado al P10							
K	C0	C1	C2	T		Tramo de parámetros	
24,66	0,36	0,62	0,02	38,05		8	10
T							
min	C0*I2	C1*I1	C2*O1	I1	O1	I2	O2
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
38,05	47,99	0,00	0,00	0,00	0,00	131,95	47,99
76,10	102,45	81,57	0,87	131,95	47,99	281,72	184,89
114,15	87,28	174,16	3,35	281,72	184,89	239,98	264,79
152,20	58,04	148,36	4,80	239,98	264,79	159,59	211,20
190,25	34,36	98,66	3,83	159,59	211,20	94,49	136,85
228,30	15,71	58,41	2,48	94,49	136,85	43,21	76,61
266,35	6,78	26,71	1,39	43,21	76,61	18,64	34,88
304,40	2,88	11,52	0,63	18,64	34,88	7,92	15,04
342,45	1,13	4,90	0,27	7,92	15,04	3,12	6,30
380,50	0,50	1,93	0,11	3,12	6,30	1,37	2,54
418,55	0,19	0,85	0,05	1,37	2,54	0,52	1,08
456,60	0,09	0,32	0,02	0,52	1,08	0,25	0,43
494,65	0,03	0,15	0,01	0,25	0,43	0,09	0,19
532,70	0,02	0,06	0,00	0,09	0,19	0,05	0,08
570,75	0,01	0,03	0,00	0,05	0,08	0,02	0,04
608,80	0,00	0,01	0,00	0,02	0,04	0,01	0,02
646,85	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,01
684,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00

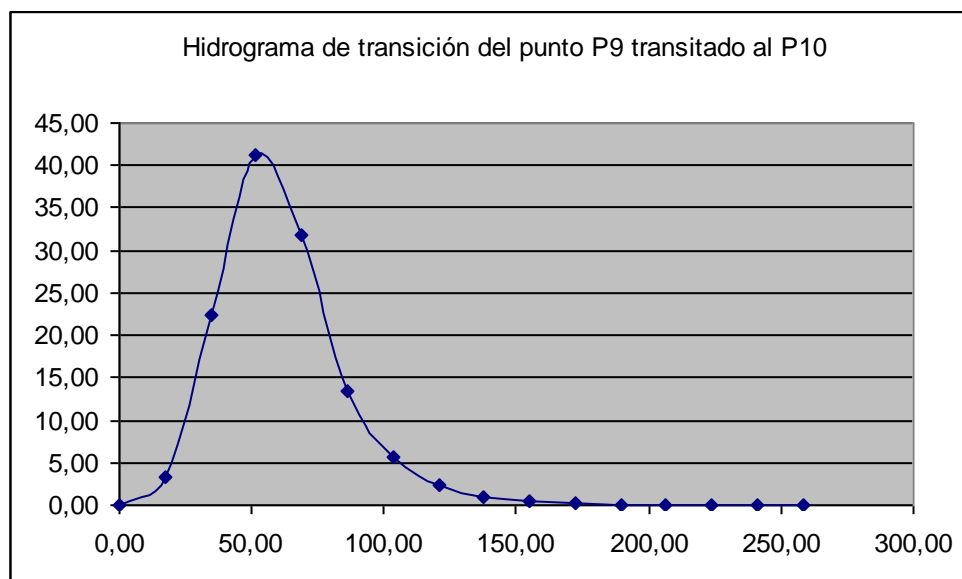
Hidrograma de P8 transitado al punto P10:



Transito de Hidrograma de P9 al punto de control P10:

Hidrograma de transición del punto P9 transitado al P10							
K	C0	C1	C2	T		Tramo de parámetros	
26,72	0,11	0,47	0,43	17,22		9	10
T							
min	C0*I2	C1*I1	C2*O1	I1	O1	I2	O2
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17,22	3,33	0,00	0,00	0,00	0,00	30,58	3,33
34,44	6,66	14,23	1,42	30,58	3,33	61,15	22,31
51,66	3,33	28,46	9,50	61,15	22,31	30,58	41,28
68,88	0,00	14,23	17,57	30,58	41,28	0,00	31,80
86,10	0,00	0,00	13,54	0,00	31,80	0,00	13,54
103,32	0,00	0,00	5,76	0,00	13,54	0,00	5,76
120,54	0,00	0,00	2,45	0,00	5,76	0,00	2,45
137,76	0,00	0,00	1,04	0,00	2,45	0,00	1,04
154,98	0,00	0,00	0,44	0,00	1,04	0,00	0,44
172,20	0,00	0,00	0,19	0,00	0,44	0,00	0,19
189,42	0,00	0,00	0,08	0,00	0,19	0,00	0,08
206,64	0,00	0,00	0,03	0,00	0,08	0,00	0,03
223,86	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,01
241,08	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01
258,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00

Hidrograma de P9 transitado al punto P10:



Hidrograma suma en el punto de control P10:

Hidrograma Suma en punto de cierre P10				
t	HT-P8P10	HT-P9P10	HTS-SC10	suma
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17,22	21,72	3,33	47,49	72,54
17,34	21,86	3,46	47,81	73,12
34,44	43,43	22,31	94,98	160,72
34,67	43,72	22,56	95,61	161,90
38,05	47,99	26,29	86,29	160,56
51,66	96,96	41,28	48,76	187,00
52,01	98,20	41,09	47,81	187,10
68,88	158,92	31,80	1,27	191,99
69,34	160,57	31,32	0,00	191,89
76,10	184,89	24,14	0,00	209,04
86,10	205,89	13,54	0,00	219,43
103,32	242,05	5,76	0,00	247,81
114,15	264,79	3,68	0,00	268,47
120,54	255,79	2,45	0,00	258,24
137,76	231,53	1,04	0,00	232,58
152,20	211,20	0,54	0,00	211,74
154,98	205,77	0,44	0,00	206,21
172,20	172,12	0,19	0,00	172,31
189,42	138,47	0,08	0,00	138,55
190,25	136,85	0,08	0,00	136,93
206,64	110,90	0,03	0,00	110,94
223,86	83,64	0,01	0,00	83,65
228,30	76,61	0,01	0,00	76,62
241,08	62,59	0,01	0,00	62,60
266,35	34,88	0,00	0,00	34,88
304,40	15,04	0,00	0,00	15,04
342,45	6,30	0,00	0,00	6,31
380,50	2,54	0,00	0,00	2,54
418,55	1,08	0,00	0,00	1,09
456,60	0,43	0,00	0,00	0,43
494,65	0,19	0,00	0,00	0,20
532,70	0,08	0,00	0,00	0,08
570,75	0,04	0,00	0,00	0,04
608,80	0,02	0,00	0,00	0,02
646,85	0,01	0,00	0,00	0,01
684,90	0,00	0,00	0,00	0,01
722,95	0,00	0,00	0,00	0,01
761,00	0,00	0,00	0,00	0,01